

인공위성 고해상도 카메라 평가용 구경 450 mm

시준장치의 개발

Development of aperture 450 mm collimator for the
evaluation of the satellite high-resolution camera

양호순, 이재협, 이회운, 이운우, 이영훈**, 김종운*, 강명석*, 김도형*, 최영완*

한국표준과학연구원, *(주)쎄트랙아이, **한남대학교

hsy@kriss.re.kr

고해상도 인공위성용 카메라의 조립 및 평가에 시준장치 (collimator)는 꼭 필요한 장치이다. 이러한 시준장치를 이용하면 end-to-end imaging test, 초점거리측정, Line-of-sight measurement, Spectral calibration, Radiometric calibration 등 다양한 방법으로 카메라를 평가할 수 있다⁽¹⁾. 시준장치로 많이 사용되는 비축포물면은 출사동내에 빛을 차단하는 장애물이 전혀 없고, 넓은 파장영역을 이용할 수 있다는 장점이 있는 반면, 초점거리가 길 경우 광경로 상에 있는 공기의 유동으로 인하여 깨끗한 상을 얻기 어렵고, 정렬이 쉽지 않다는 단점이 있다. 굴절 망원경 형태의 시준장치는 평가 대상물을 시준장치에 가까이 보낼 수 있어, 공기의 유동효과를 많이 줄일 수 있고, 시야각을 넓힐 수 있는 반면, 색수차로 인하여 좁은 파장영역 밖에 사용할 수 없고, 200mm 이상 대구경으로 만들기가 어렵다. 이러한 상황에서, Cassegrain 형태의 시준장치는 초점거리가 길면서도 작은 크기로 공기의 유동 효과를 줄이고, 대구경이 가능하기 때문에 일반적인 cleanroom 환경에서 사용하기 적합하다. 이러한 이유로, 표준연구원에서는 (주)쎄트랙아이와 직경 300 mm인 인공위성용 카메라 (MAC) 평가용인 직경 450 mm Cassegrain 형태의 시준장치를 개발하게 되었다. 본 논문에서는 시준장치의 특성 및 주경, 부경의 제작과 평가에 대해서 간략히 서술한다.

시준장치의 전체적인 특성을 살펴보면, 입사동의 크기는 450 mm, 유효초점거리는 7500 mm이며, 시야각 0.18도안에서 파면수차가 0.04λ RMS ($\lambda=633\text{nm}$)이내가 되도록 설계되었다. 이를 위해 주경은 포물면, 부경은 쌍곡면으로 디자인 되었다. 온도 변화에 의한 성능 저하를 방지하기 위해 주경 및 부경은 모두 열팽창계수가 작은 Zerodur로 만들어졌고, 주경과 부경 사이의 거리는 invar로 유지시켜준다.

먼저 부경에 관하여 설명하면, 직경은 약 85 mm 이고 가운데 직경 10 mm의 구멍이 뚫려져 있어 타겟에서 나온 빛이 반사되어 다시 타겟으로 되돌아가 ghost image가 생기는 것을 방지해 준다. 그림 1은 부경을 전체적으로 골고루 가공하기 위해 부경외부에 glass를 덧댄 모습이다. 먼저 전체 샘플을 best-fit sphere로 가공후 grinding 및 lapping 과정을 거쳐 form error 가 약 2 μm 정도까지 가공한다. 이때까지는 depth gauge와 원기를 이용하면 충분히 측정이 되나, 이후의 연마과정에서는 전체면을 간섭계로 보면서 가공해야 하므로 null 방식에 위한 테스트가 이루어져야 한다. 이를 위해 직경 360 mm이고 파면수차는 약 $\lambda/10$ p-v인 구면을 제작하였다. 그림 2는 이 구면을 이용하여 부경을 측정하는 과

정이다. 이러한 연마 및 측정과정을 거쳐 부경은 최종적으로 0.223λ p-v, 0.028λ RMS의 형상을 가질 수 있었다.

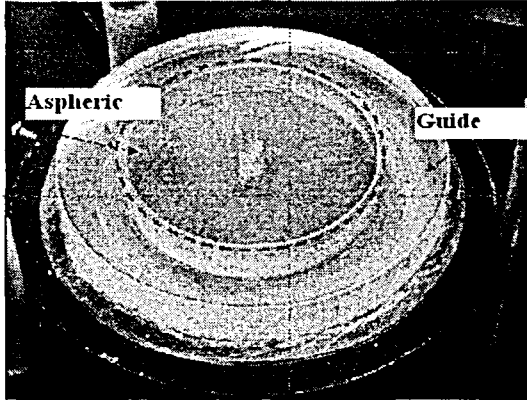


그림 1. Picture of secondary mirror with auxiliary glass outside.

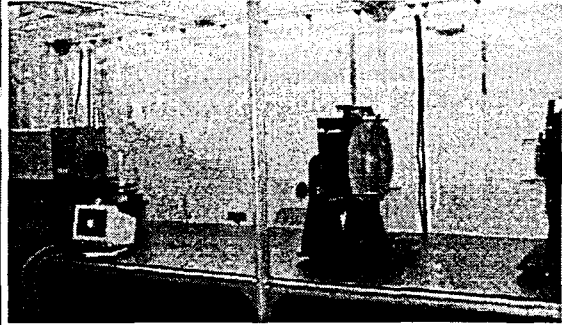


그림 2. Picture of Hindle test for convex hyperboloid mirror.

주경은 부경에 비해 가공 면적이 넓고 무게가 많이 나가 가공 및 측정이 쉽지 않았다. 부경과 마찬가지로 best-fit sphere에서 출발하여 grinding과 lapping을 거쳐 연마과정에서 null test를 이용하여 정밀 측정을 수행하였다. 그림 3은 두장의 null lens를 사용하여 주경을 측정하는 과정이다. 두장의 null lens를 잘못 정렬하여 생길 수 있는 오차를 파악하기 위하여, autocollimation 테스트 및 이미 제작된 부경을 이용한 테스트등을 수행하여 비교분석하였다. 현재 주경은 0.5λ p-v, 0.07λ RMS정도의 성능을 나타내고 있으며, 약 2주안에 부경과 비슷한 수준의 성능에 도달할 것으로 기대하고 있다. 부경 및 주경의 정렬은 computer-aided alignment⁽²⁾를 이용하여 수행할 예정이며 각종 성능 평가 후 2004년 2월부터는 사용할 수 있을 것으로 예상하고 있다.

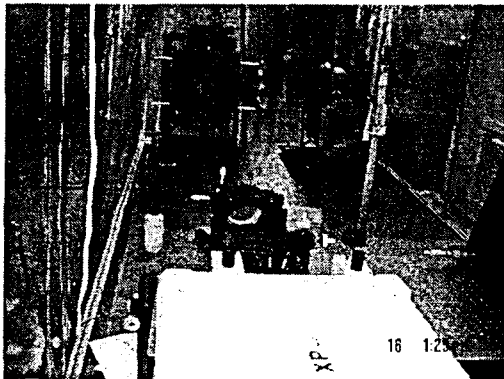


그림 3. Picture of null test for 450 mm primary mirror.

참고문헌

1. David R. Hearn et al., "Spatial calibration of the EO-1 Advanced Land Imager", Proc. SPIE Vol. 3750, p.97-108 (1999)
2. 김도형 외, "지구관측위성 카메라의 광학정렬", 한국광학회 2003년도 하계 학술발표.