

구경 450mm Cassegrain Type 시준장치의 기계구조 개발

Development of Mechanical Structures for 450mm Cassegrain Type Collimator

김중운, 강명석, 양승욱, 김이을, 최영완, 김도형, 양호순*, 이윤우*

(주)썬트렉아이, *한국표준과학연구원

jukim@satreci.com

인공위성용 고해상도 지구관측 카메라의 조립 및 성능을 평가하기 위해서는 시준장치가 필요하다. 시준장치는 end to end imaging test, focal length measurement, line of sight measurement, spectral calibration, radiometric calibration 등 광학계의 성능 평가에 사용되며, detector의 정렬 및 조립에 사용될 수도 있다. 시준장치로 가장 많이 사용되는 것은 비축포물면(off-axis paraboloid, OAP)이다. 그러나 비축포물면은 zero-field에서만 수차가 없고 여기서 벗어나면 수차가 증가하기 때문에 end to end imaging test가 쉽지 않다. 또한 초점이 길 경우 공기의 유동으로 인해 깨끗한 상을 얻기 어렵고, 시준장치용 테이블을 따로 갖고 있지 않을 경우 이용할 때마다 매번 정렬을 다시 해야 한다. 특히 off-axis 이므로 정렬이 쉽지 않아 많은 시간이 소요되는 단점이 있다. 이러한 단점을 보완하기 위해서 제안된 것이 cassegrain type 시준장치이다. Cassegrain type의 시준장치는 빔을 꺾어 사용하므로 compact하여 초점 거리를 길게 늘려도 전체 크기가 많이 변하지 않고 대칭이므로 정렬이 쉽고 한번 정렬하면 재정렬 없이 계속 사용할 수 있다는 장점이 있다. 그리고 반사경만을 사용하여 OAP가 가지는 넓은 파장대역을 마찬가지로 가질 수 있다.^[1]

국내에서는 반사경 가공 기술의 부족으로 이러한 시준장치 개발과 관련된 연구가 심도 있게 진행되지 못하였으며, 현재 한국항공우주연구원에서 다목적실용위성 고해상도 카메라의 조립 및 성능 평가를 위해 주반사경의 직경이 800mm인 cassegrain type의 시준장치를 외국으로부터 수입해 사용하고 있는 실정이다. 본 논문에서는 한국표준과학연구원과 공동으로 직경이 450mm인 cassegrain type 시준장치의 개발과 관련하여 (주)썬트렉아이에서 수행한 기계구조물 개발 결과를 요약하였다.

시준장치 기계구조물을 설계함에 있어서 먼저 고려해야 하는 사항은 자중과 온도변화에 의한 주반사경(primary mirror)과 부반사경(secondary mirror)의 파면오차(wave-front error)가 광학적 허용범위 내에서 요구조건을 만족하도록 하는 것이다. 또한 기계구조물은 광학부품들을 지지하기 위하여 충분한 강성을 가지고 있어야 한다. 광학 설계 및 해석을 바탕으로 얻어진 요구조건을 만족하는 시준장치 기계구조를 설계하기 위해 flexure를 사용하여 주반사경과 부반사경을 지지하였으며, invar를 사용하여 온도변화에 따른 주반사경과 부반사경 사이의 거리를 요구조건 내에서 유지되도록 하였다.^[2] 이러한 시준장치의 기계구조에 대하여 자중과 온도변화에 따른 성능을 해석을 통하여 검증하였다. Table 1은 외부 가진에 의한 공진(resonance)을 피할 수 있는 시준장치의 고유진동수에 대한 해석 결과를 나타내고, Table 2는 자중과 온도 변화($\Delta T = 10 \text{ }^\circ\text{C}$)에 대한 주반사경과 부반사경의 파면오차에 대한 해석 결과를 나타낸다.

Mode	고유진동수	요구조건
1	28.9 Hz	>20 Hz
2	34.5 Hz	
3	34.6 Hz	

Table 1. 시준장치의 고유진동수 해석 결과

항 목	자중 해석 결과 (1G gravity)	열탄성 해석 결과 ($\Delta T = 10\text{ }^\circ\text{C}$)	요구조건
주반사경	$\lambda/250$	$\lambda/500$	$<\lambda/100$
부반사경	$\lambda/5000$	$\lambda/1000$	$<\lambda/100$

Table 2. 자중과 온도변화에 대한 주반사경과 부반사경의 파면오차 해석 결과

해석 결과에서 보는 바와 같이 flexure를 사용하여 주반사경과 부반사경을 kinematic mounting 하고, invar rod를 사용하여 truss 형태의 구조로 설계 요구조건을 만족하는 직경이 450mm인 cassegrain type 시준장치의 기계구조를 개발하였다. Fig. 1은 실제 조립되어 (주)썬트랙아이 광학실에 설치된 시준장치 모습을 나타내고 있다. 주반사경과 부반사경의 제작은 한국표준과학연구원에서 이루어졌으며, 재질은 Zerodur이고 각각의 직경은 450mm, 85mm이다.

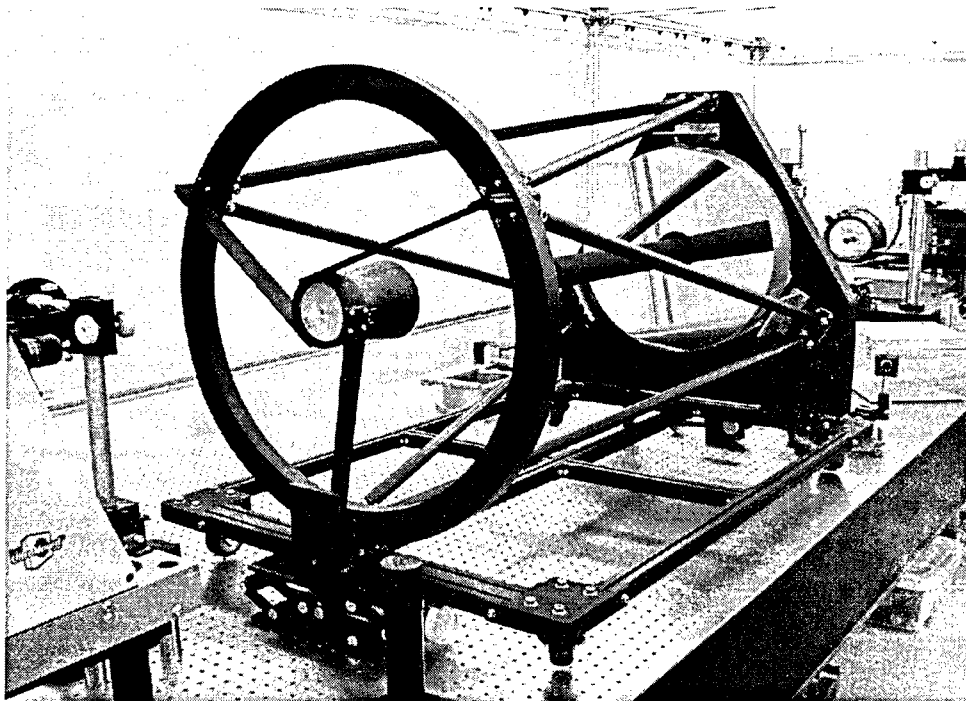


Fig. 1 직경 450mm인 Cassegrain Type 시준장치 형상

본 연구는 국내에서 독자적으로 직경이 450mm인 반사경을 제작하는 기술력을 확보하고, 이를 이용하여 인공위성용 고해상도 카메라의 지상 시준장치 개발을 목적으로 하였다. 따라서 국내 기술력만으로 직경 450mm인 cassegrain type의 시준장치의 개발 및 반사경 가공 기술도 확보하게 되었다. 본 연구로 개발된 시준장치는 (주)썬트랙아이와 말레이시아 ATSB사와 공동 개발 중인 MAC(Medium-sized Aperture Camera)의 비행모델(flight model) 조립 및 시험평가에 사용될 것이며, 향후 본 연구를 바탕으로 대구경 광학계의 시준장치 개발의 기술력 확보에 기여할 것으로 기대된다.

참고문헌

1. 양호순, 이재협, 이희운, 이운우 (한국표준과학연구원), 이영훈 (한남대), 김종운, 강명석, 김도형, 최영완 (썬트랙아이), "인공위성 고해상도 카메라 평가용 구경450 mm 시준장치의 개발", 한국 광학회 동계학술발표회, 2004, P198-P199.
2. Paul R. Yoder, JR, "Opto-Mechanical System Design, 2nd Ed.", (Marcel Dekker, Inc, 1993).

FC