

위성사진기용 3반사광학계의 설계1)

Optical Design of Three-Mirror System for Spaceborne Camera

유승문, 이종웅
청주대학교 대학원 레이저광정보공학과
st96624z@hotmail.com

위성사진기용 광학계로는 대구경으로 정밀제작이 가능하며 색수차가 없다는 장점 때문에 반사광학계가 주로 사용되고 있다. 대구경 반사광학계로는 Ritchey Chretien type의 2반사광학계가 주로 사용되고 있었으나 이 형식의 반사망원경은 비점수차와 상면반곡이 보정되지 않아 좁은 시야의 관측에만 사용되거나 상면 가까이 보정렌즈를 사용하여 비점수차와 상면반곡을 보정하였다. 최근 대형반사경의 정밀정렬 기술의 발전에 따라 보정렌즈를 사용하는 2반사경계 대신에 3반사광학계를 사용하는 위성사진기가 개발되고 있으며, 이 3반사광학계는 4종의 3차수차(구면수차, 코마, 비점수차, 상면반곡)의 보정이 가능하여 2반사경 보다 넓은 시야에 관측이 가능한 장점이 있다^[1,3].

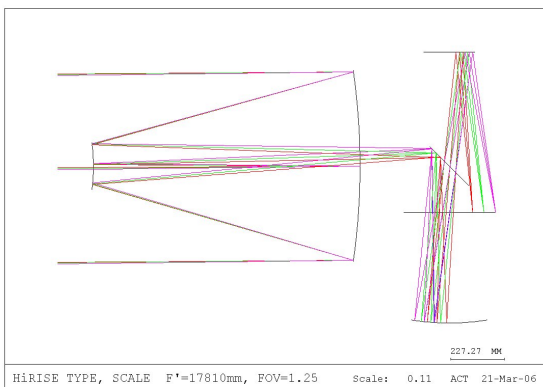
3반사광학계는 상측초점이 제3면의 전방에 위치하기 때문에 off-axial type으로 사용하거나 folding mirror가 사용되어야 하는 구조적인 문제점이 있다. Off-axial type은 광손실이 없고 광각의 관측이 가능하지만 정렬이 매우 어려우므로 이 연구에서는 folding mirror를 사용하여 광학계를 구성하였다. 3반사광학계에서 folding mirror는 그림 1(a)의 예와 같이 전반 2반경계의 초점(object의 conjugate point)에 두는 HiRISE(Ball Aerospace and Technology Crop.) 방식과 그림 1(b)와 같이 출사동의 위치(입사동의 conjugate point)에 두는 PLEIADES HR(Acatel Space) 방식으로 나누어 볼 수 있다.

3반사광학계에서 3면 모두 원추곡면을 사용하면 원추곡면계수를 사용하여 구면수차, 코마, 비점수차의 보정이 가능하다^[2]. 3차수차 중에서 Petzval 상면반곡은 비구면항의 영향을 받지 않으므로 구면만으로 보정되어야 한다. 이 연구에서는 3반사경계의 형상설계를 위한 기본 parameter가 주어졌을 때, Petzval 상면반곡을 보정하고, folding 방식에 따른 folding mirror의 크기와 이에 의한 광선의 차폐를 분석하는 방법에 대하여 연구하였으며, 이를 이용하여 folding mirror에 의한 광선의 손실이 적은 위성용 3반사광학계를 설계하였다. 이 반사경계는 고도 685 km에서 0.5 m의 해상력을 가지도록 설계하였으며, 주요 설계제원은 표 1과 같다. 그림 1(a)는 HiRISE 방식의 설계이며, 그림 1(b)는 PLEIADES HR 형태의 설계이다. 각각의 설계는 전체 시야에서 회절한계의 결상성능을 나타내고 있으며, 그림 2에는 각각의 설계에 대한 MTF가 나타나 있다. MTF를 살펴보면 PLEIADES HR 방식의 설계가 HiRISE 방식의 설계에 비하여 비축에서의 수차특성이 좋음을 알 수 있다. 설치공간면에서는 그림 1에 나타난 것처럼 HiRISE 방식이 PLEIADES HR 방식 보다 compact한 설계가 가능하다.

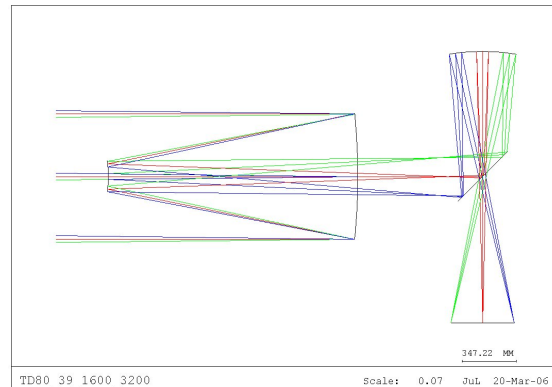
1) 이 연구는 표준과학연구원에서 시행한 일반사업의 위탁연구로 수행되었습니다.

표 1. 위성사진기용 3반사광학계의 설계사양

Parameter	Specification	Remark
GSD	0.5 m @ 685 km, pan	
CCD size	390 mm	13 μm x 30,000
Number of pixels	30,000	6,000/ea x 5 ea
Aperture	800 mm	F/22.23
Effective focal length	17,810 mm	
Field of view	1.25 deg.	

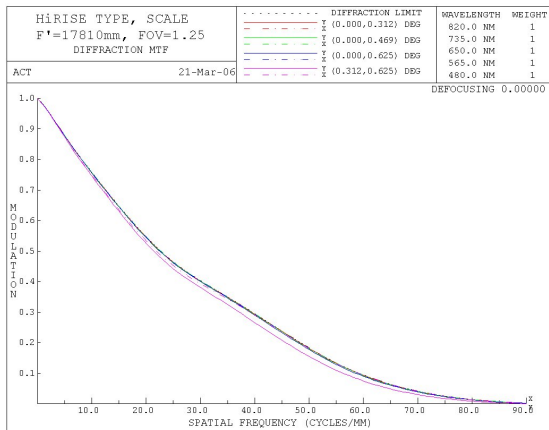


(a) HiRISE 방식

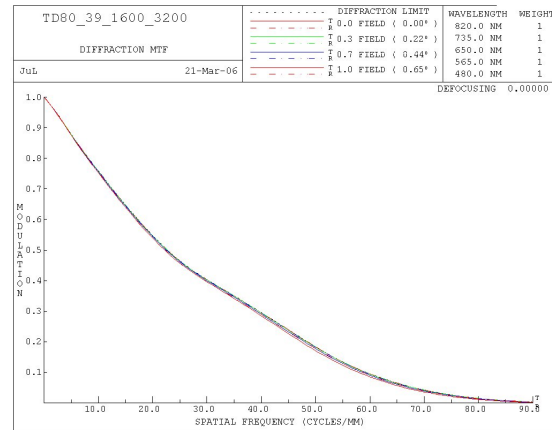


(b) PLEIADES HR 방식

그림 1. 위성용 3반사광학계의 형태.



(a) HiRISE 방식



(b) PLEIADES HR 방식

그림 2. 위성용 3반사광학계의 MTF.

참고문헌

- [1] D. Korsch, "Closed Form Solution for Three-Mirror Telescopes, Corrected for Spherical Aberration, Coma, Astigmatism, and Field Curvature", Appl. Opt., **11**(12), 2986(1994).
- [2] 오승경, "Aplanat 조건을 만족하는 3반사경계에 관한 연구", 석사학위논문, 청주대학교(1995).
- [3] 최세철, 김현규, 김연수, "Flat Field Anastigmat 조건을 만족하는 3반사 망원경 광학계 설계", 한국광학회지, **8**(3), 175(1997)