

# 파면오차 평가를 이용한 지구관측 광학카메라의 정렬

## Wavefront Error Evaluation for Optical Alignment of An Earth Observation Camera

김도형 (edk@satreci.com), 최영완, 강명석, 양호순\*  
 (주)세트렉아이, 한국표준과학연구원\*

인공위성용 지구관측 광학카메라나 천문용 망원경에는 무게와 부피의 제약 때문에 Cassegrain 방식의 망원경이 많이 쓰인다. 이와 같은 광학계의 성공적인 임무수행을 위해서는 정밀한 광학정렬이 필수적이다. 그 정밀도에 따라 여러 가지 광학정렬 방법들이 알려져 있는데[1], 본 논문에서는 간섭무늬 및 파면오차의 평가에 의한 Cassegrain 광학계의 정렬방법을 제시하고, 실제로 현재 개발 중인 위성용 Cassegrain 광학카메라인 Medium-sized Aperture Camera (MAC)에 적용된 모사 결과를 정리한다. MAC은[2] RazakSAT (前 MACSAT)의 주탑재체로, 현재 비행모델(Flight Model)의 제작/시험 단계에 있다.

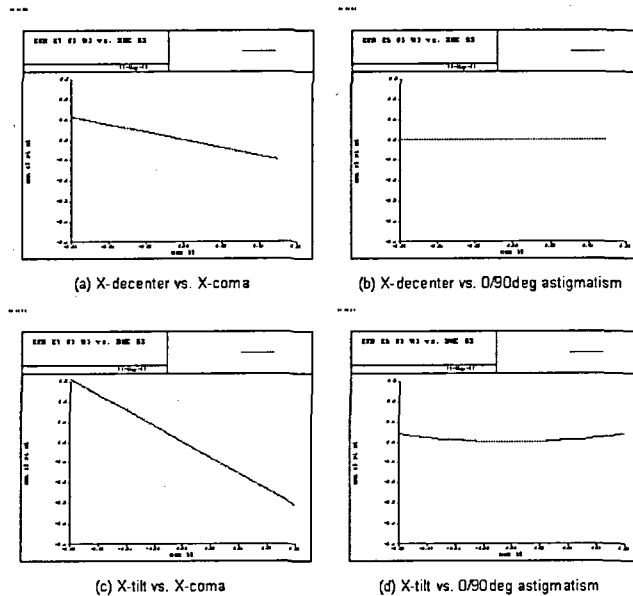


그림 1 MAC 부경의 움직임에 대한 coma 및 astigmatism (0/90도)의 변화

그림 1은 MAC의 부경에 대한 tilt 및 decenter와 coma 및 astigmatism (0/90도)와의 관계를 보여주고 있다. 그림 1은 실험실에서 일반적으로 적용하는 정렬 범위 안에서 coma 값은 선형적이고, 또한 방향성이 있음을 보여준다. 즉, 부경의 tilt와 decenter의 선형조합으로 정렬이 흐트러진 것을 바로 잡을 수 있음을 알 수 있다. 그림 2는 임의의 정렬오차를 주고 이를 줄이는 과정의 간섭무늬를 모사한 결과를 보여준다. (편의를 위해 X 방향만의 정렬오차를 보여준다.) 이와 같은 정렬오차가 있는 경우, coma가 줄어드는 방향으로 tilt와

decenter를 조합하면 실시간으로 간섭무늬를 보면서 망원경을 정렬할 수 있다.

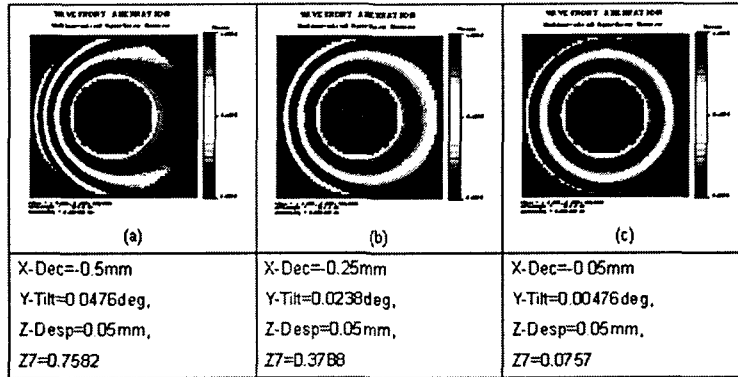


그림 2 MAC 부경의 정렬 추이와 각 경우의 간섭무늬 모사

MAC의 인증모델에 위와 같은 방법을 적용해 본 결과, 축상에서는 정렬이 잘 되지만, 비축상의 field에서는 (e.g. +/-X field의 양 쪽 끝) 정렬의 균형을 맞추기 용이하지 않음을 알 수 있었다. 이는 정렬이 되어 감에 따라 간섭무늬의 모양을 구분하기 힘들어지므로 더 이상 정밀한 정렬을 하기 힘들기 때문이다. 그림 2 (c)와 같이 모사해 보면, 아직 decenter 등은 더 정렬할 수 있는 여지가 있으나 실제로 이와 같은 간섭무늬에 도달하면 간섭무늬만 가지고는 더 이상 정밀한 정렬을 기대하기 어렵다. 이 문제를 해결하기 위해 컴퓨터를 이용한 역최적화 방법을 적용하여 비축상에서도 정렬의 균형을 맞출 수 있음을 확인하였다.[3] 그러나, 역최적화 방법을 이용할 경우, 비축상의 간섭무늬 측정을 위해 많은 시간이 소모되는 단점이 있다.

간섭무늬를 이용한 정렬방법의 단점과 역최적화 방법의 문제점을 해결하기 위해 파면오차를 이용한 정렬방법을 이용하였다. 간섭계 프로그램을 이용하여 축상에서 측정한 파면오차를 이용하면 간섭무늬를 이용하는 방법과 근본적으로 같은 원리를 이용하여 부경을 정렬할 수 있다. 이 방법의 장점은 간섭무늬만을 이용할 때보다 더 정밀하게 파면오차의 모양을 구분할 수 있고, 축상에서만 측정한 것으로 더 정밀하게 비축상의 정렬 균형을 맞출 수 있다는 점이다. 본 논문에서는 간섭무늬와 파면오차 평가를 이용하여 정렬하는 방법을 제시하였고 역최적화 정렬 방법과 비교하였다. 파면오차를 이용하는 방법은 간섭무늬를 이용하는 방법보다 더 정밀한 광학정렬을 할 수 있음을 확인하였고, 향후 과제로 정렬 실험에 적용할 예정이다.

1. M. Ruda, *Fundamentals of Optical Alignment Techniques*, SPIE Press, 1994.
2. E-E Kim, Y-W Choi, H-S Yang, et al, "Development of Engineering Model of Medium-sized Aperture Camera System," 4th International Symposium, IAA, 2003.
3. 김도형, 양호순, 최영완, 김이을, "소형위성용 지구관측 광학카메라의 광학정렬 2," 한국광학회 동계학술발표 논문집, 2004.

