

3차수차에 따른 기하광학적 MTF와 회절광학적 MTF의 비교

Comparison of Geometrical MTF and Diffraction MTF for Third Order Aberrations

강성식, 이종웅*

청주대학교 물리광학과, *청주대학교 광학공학과
julee@chongju.ac.kr

광학계의 결상성능은 수차와 회절에 의하여 제한되고 있으며, 광학계의 결상성능은 MTF(modulation transfer function)로 평가되고 있다. 광학설계의 결상성능 평가에 있어 수차가 적은 광학계의 경우에는 회절광학적 MTF^{[1][2]}가 사용되고 있으나, 수차가 큰 광학계의 경우에는 수치적분의 오차를 줄여 충분한 정밀도의 MTF를 얻기 위해서는 계산량이 크게 증가하는 문제점이 있다. 이 경우에는 회절보다 수차가 광학계의 결상성능에 더 큰 영향을 주게 되므로, 회절효과가 고려되지 않은 기하광학적 MTF^{[3][4]}에 의한 광학계의 결상특성 평가도 가능할 것으로 생각된다.

본 연구에서는 주어진 3차수차에 대하여 기하광학적 MTF와 회절광학적 MTF를 엄밀하게 계산하여, 수차의 크기에 따른 MTF 값의 차이와 계산량을 비교하였다. 기하광학적 MTF와 회절광학적 MTF의 비교에서는 MTF 값이 0.05 이상인 공간주파수 영역에서 두 가지 방법에 따라 계산된 MTF가 0.02 이하의 차이를 보일 때 기하광학적 MTF가 회절광학적 MTF에 잘 근사 하는 것으로 가정하였다.

이와 같은 가정하에 회절광학적 MTF와 기하광학적 MTF를 비교하면 파면수차가 8λ 이상인 경우에는 기하광학적 MTF가 회절광학적 MTF에 잘 근사하고 있었다. 파면수차가 8λ 인 경우 수렴되는 MTF 값을 얻기 위해서는 회절광학적 계산에서 200×200 의 node가 필요하였으나 기하광학적 계산에서는 80×80 의 node로 계산이 가능하였다. 따라서 광학설계의 평가에서 파면수차 8λ 이상인 경우에는 기하광학적 MTF는 회절광학적 MTF에 비해 훨씬 적은 node을 가지고 평가가 가능할 것으로 생각된다.

참고문헌

- [1] H. H. Barrett, M. Y. Chiu, S. K. Gordon, R. E. Parks, and W. Swindell, Appl. Opt. 16, 2760(1979)
- [2] 이종웅, 홍경희, "광학설계제원으로부터의 OTF 수치계산 S/W 개발", 한국확학회지, 4, 381(1993)
- [3] Warren J. Smith, *Modern Optical Engineering* (McGraw-Hill Inc, New York, 1966) PP.340-360.
- [4] T. H. Jamieson, *Optimization Techniques in Lens Design* (American Elsevier Inc, New York, 1971) PP. 43-47

Diffraction MTF			Geometrical MTF		
node	$C_{040}(8\lambda)$	$C_{131}(8\lambda)$	node	$C_{040}(8\lambda)$	$C_{131}(8\lambda)$
80×80	0.06472	0.01585	40×40	0.02735	-0.00817
100×100	0.00652	-0.00521	60×60	-0.01371	-0.00463
200×200	0.00054	0.00047	80×80	-0.00314	-0.00212
300×300	0.00027	0.00032	100×100	-0.00208	-0.00248
400×400	0.00000	0.00000	200×200	0.00000	0.00000

표 1. MTF의 계산오차

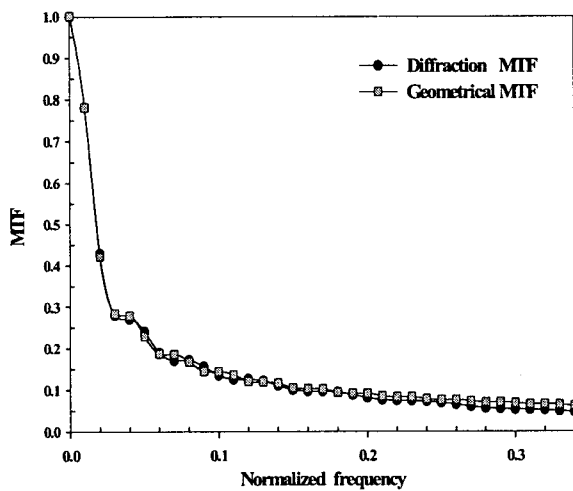


그림 1(a) $C_{040} = 8.0\lambda$

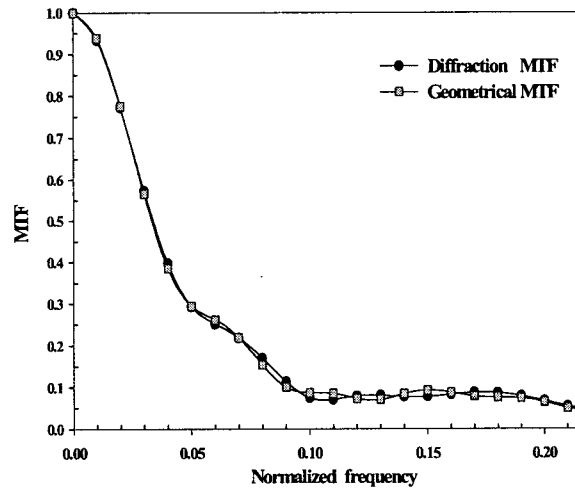


그림 1(b) $C_{131} = 8.0\lambda$

그림 1. Geometrical MTF와 Diffraction MTF의 비교