

형상 행렬 사전 처리에 따른 적응 광학 시스템 성능 향상

Performance Enhancement of an Adaptive Optics system By Pre-conditioning the Configuration Matrix

이준호¹, 이영철², 고해석², 이재일², 강응철², 이경목³, 김준원³, 조용일³, 최병태³, 천호정³

¹공주대학교 광공학과, ²국방과학연구소, ³삼성탈레스(주)
jhlsat@kongju.ac.kr

I. 서론

변형 거울의 형상은 각 구동기의 영향함수(Influence function, $r_i(x, y)$)의 선형적 합으로 묘사될 수 있다. 이 때 변형의 합을 함수 형태 (식. 1) 및 행렬 형태 (식.2)로 표현할 수 있으며, 영향 함수의 행렬 함수 표현인 H를 형상 행렬(Configuration Matrix)라 한다.

$$\Phi_{DM}(x, y) = \sum_{i=1}^n c_i r_i(x, y) \tag{식.1}$$

$$s_{DM} = Hc \tag{식.2}$$

이 때 c_i 는 구동기의 각 제어/구동 신호를 말하며, 최소 RMS 잔여 수차를 획득할 수 있는 최적의 구동신호는 Shack-Hartmann 관측 신호 s 로부터, (식. 3)과 같이 표현된다.

$$c_{ls} = (H^T H)^{-1} H^T s = M_{ls} s \tag{식.3}$$

형상 행렬 H는 통상적으로 Shack-Hartmann 측정 결과로부터 구성되어 지나, 적응광학 시스템의 변형 거울을 Bimorphr 나 Membrane 형태의 변형 거울을 채택한 경우, Beam의 개구(aperture)가 변형 거울의 경계 상태를 확인 할 수 없고, 이에 따라 형상 함수의 구성에 오차가 생기며 결국 최종 적응 광학 시스템의 성능에 영향을 끼치게 된다. 본 논문에서는 이러한 문제를 제거할 수 있는 형상 함수의 측정 및 구성 절차를 제시하고, 최종 적응 광학 시스템의 안정성 및 Fitting ability 성능 향상을 실험적으로 확인한다. 그림 1은 본 논문에서 사용된 적응 광학 시스템의 구성 및 변형 거울의 형상을 보여주고 있다.

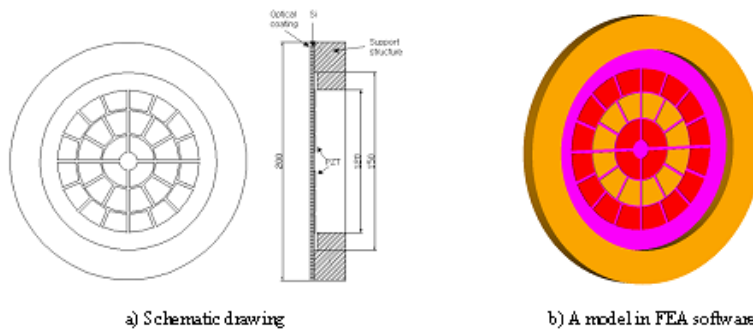


그림 1. 본 논문에서 사용된 Bimorph deformable mirror의 형상

II. 영함 함수 이론 예측, 측정 및 사전 처리 결과

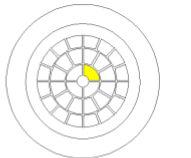
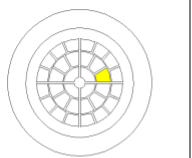
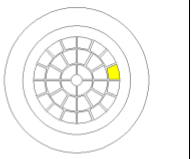
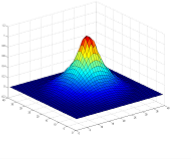
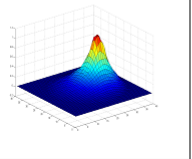
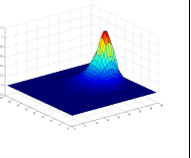
	1 st ring	2 nd ring	3 rd ring
Pattern			
Influence function			

그림 2. 영함 함수 예측 결과 (FEA)

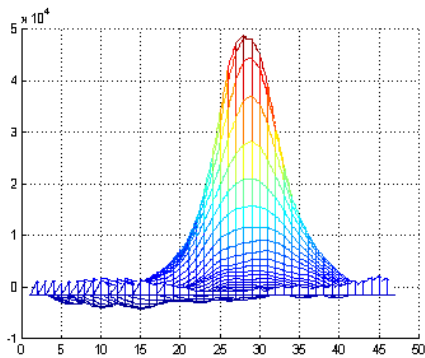


그림 3. Tip/Tilt 및 Piston 복원 변형 거울의 영함 함수.

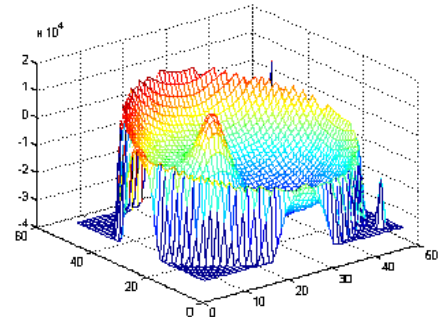


그림 4. Shack-Hartmann Sensor를 이용한 변형 거울의 영함 함수.

<SH 측정>

<알고리즘 1>

<알고리즘 2>

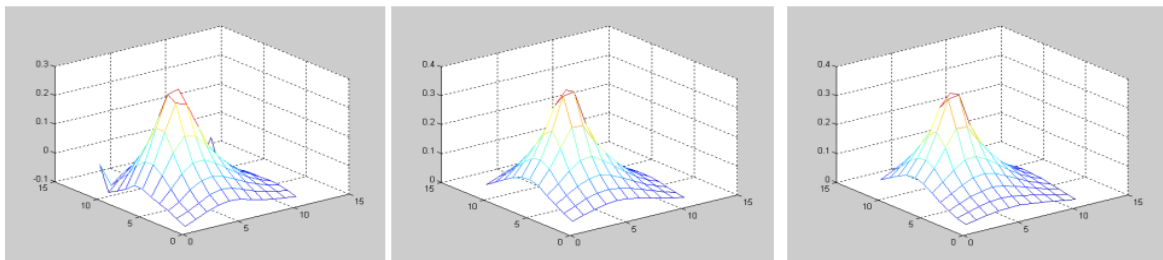


그림 5. 형상 행렬에 입력되는 형상 함수의 처리 (알고리즘1: SH 측정 우선, 알고리즘 2: 간접계 측정 결과 우선)

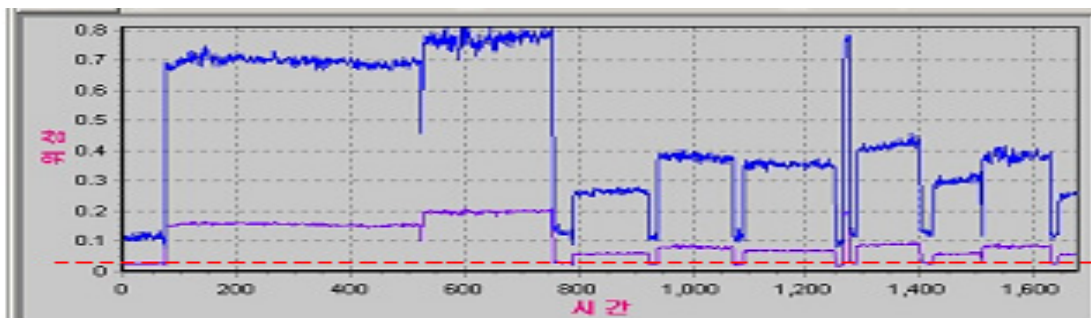


그림 6. RMS $\lambda/100 \sim \lambda/50$ @ $0.6328\mu\text{m}$ 의 성능 보여주는 Closed AO System