

8.4m 거울 7장으로 만든 유효직경 25m급 세계 최대망원경

망원경의 효율은 집광력, 분해능, 시야각에 의해 결정된다. 이 중 집광력과 분해능은 주경과 직접적인 관련이 있으므로 주경의 크기를 확장하기 위해 많은 천문학자들이 노력해왔다. 또한 시야각을 확대하면 비축수차가 증가하는 경향이 있다. 비축수차를 최소화하고 대기(매질)에 의한 빛의 분산을 줄이기 위하여 보정렌즈와 프리즘이 사용된다.

■ 세계에서 가장 큰 단일거울로 조합한 GMT 광학계

GMT 망원경은 세계에서 가장 큰 8.4m 거울 7장으로 주경을 만들고, 이에 대응하는 1m급 거울 7장의 부경으로 주요한 광학계의 골격을 이루고 있다(그림 1 참조). GMT 건설을 추진하는 카네기재단은 MMT(Multiple Mirror Telescope)의 건설 경험에 있는 애리조나 대학과 손을 잡고 대형망원경 개발을 계획하고 있다. MMT의 주경은 6장의 조각거울로 구성되어 있으며, 애리조나 대학은 이 개념을 확장하여 GMT에 적용하고자 하는 것이다. 애리조나 대학의 스투어드 천문대 미러랩(Steward Observatory Mirror Lab., SOML)에서는 이미 GMT의 첫 번째 거울을 제작 중에 있으며, 현재 연삭과 연마 단계(grinding and polishing phase)에서 가공 중에 있다. 거울 1장당 3년여의 가공 기간이 소요되지만, 가공시설을 확충하여 전체 가공시간을 10년으로 줄일 계획이다.

GMT 부경은 조각 거울 7장의 주경에 대응하여 역시 7장으로 구성되며, 주경에서 반사한 빛을 초점면으로 반사시킨다. 부경에는 대기 교란에 의한 파면(wavefront)의 요동을 보정하는 기술인 적응광학(adaptive optics)기술을 적용할 예정으로, 지상에서도 우주망원경 못지않은 상(image)을 얻을 것으로 기대하고 있다. 적응광학기술은 지상에서 정밀 광학 시스템에 활용 가능하며 군사적 용도로도 많이 이용되고 있다.

■ 그레고리안 타입의 광학 설계

한편 보통의 반사망원경의 부경은 볼록거울을 사용한다. 광학 간섭 현상을 이용하여 볼록 거울을 측정하려면 자신보다 큰 반사 광학계를 필요로 하며, 대형망원경의 경우에도 볼록 부경을 측정하기 위해서 자신보다 큰 별도 광학계를 제작해야 하는 부담을 가지고 있다. 최근에는 홀로그래프를 이용하여 볼록 거울도 정밀하게 측정할 수 있지만, 직경이 2m보다 큰 볼록 거울은 세계적으로 아직 측정해 본 예가 없다. GMT 측에서는 이러한 점을 고려하여 망원경 전체의 크기가 커지는 단점에도 불구하고 오목 부경을 채택한 그레고리안(Gregorian) 타입으로 광학계를 설계하였다. 반면, 망원경의 크기를 최소화하기 위하여 주경의 F-수는 0.7로 하였다. 주경의 F-수를 이와 같이 작게 구현하는 것도 기술적 도전이 많이 요구되지만, 주경 제작을 맡고 있는 SOML에서는 충분히 구현 가능하도록 준비하고 있다.

GMT는 관측 시야각을 24분각(arcminute)으로 제안하고 있는데, 이처럼 시야각 큰 광학계는 비축수차가 크게 발생하기 때문에 수차보정 광학계가 필요하다. GMT는 렌즈를 사용하여 수차들을 보정할 계획이며, 렌즈의 크기는 최대 1.53m에 이른다. 대기 분산을 줄이기 위해서는 이미 다른 망원경에서 동일 용도로 사용되고 있는 이중접합 프리즘(doublet prism)을 사용할 계획이다.

■ 빠른 광학계의 기술적 도전

주경의 F-수가 작은 광학계를 빠른 광학계라고 한다. 빠른 광학계는 망원경 전체와 부경 및 보정 광학계의 크기를 작게 할 수 있지만, 상당히 큰 비구면도를 가진 비축 광학면을 필요로 하며 정렬 공차 또한 매우 작다. 하지만 몇 차례의 예비 연구를 통해 작은 공차 내에서 제작이 가능할 것으로 믿고 있다. 일곱 개의 개별 면이 동일한 초점 거리를 유지하기 위해서는 주경과 부경의 곡률반경을 설계치와 거의 같도록 제작해야 한다. 망원경에서 거울 형상에 대한 능동 보정(active correction)이 가능하도록 계획하고 있지만, 가공 단계에서 목표 형상을 공차 내에서 얻는 것은 여전히 쉽지 않아 방법론적 진보가 필요하다.

GMT의 빠른 광학 설계로 인하여 광시야 보정렌즈와 대기분산 보정프리즘의 크기를 줄일 수 있었다. 하지만, 렌즈는 굴절률을 동일하게 유지해야 빛을 균일하게 굴절시킬 수 있는데, 대형 렌즈의 굴절률을 모든 위치에서 동일하도록 제작하는 것은 쉽지 않은 과제다. 현재까지 제작된 가장 큰 렌즈의 크기가 1m도 안되는 점을 고려하면 시야보정 렌즈의 제작은 아직 해결해야 할 기술적 도전이 많다. GMT 측에서는 렌즈 제작 회사와 협의하여 현재 제안하고 있는 재료들(LLF6, Fused Silica, FK5, BK7)의 제작이 힘들 경우 재질을 바꾸는 등 후속 설계 연구를 지속하여 렌즈 및 프리즘 제작에 문제가 없도록 추진할 예정이다.

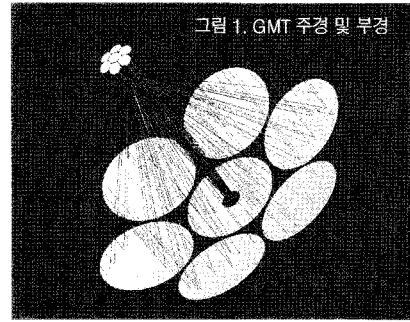


표 1. GMT 광학계 사양

주경	
직경	25.448 m (7개X8.4m)
곡률반경	36.000 m
비구면 계수	-0.99829
F-수	0.7
조각거울 직경	8.365 m
중심 구멍 직경	1.78 m
부경	
직경	3.2 m
곡률반경	4.2058 m
비구면 계수	-0.71087
조각거울 직경	1.063 m
조합 (주경 + 부경)	
주경-부경의 거리	20.29 m
주경-초점면의 거리	5.500 m
초점거리	202.745 m
F-수	8.0
상면의 휨 (field curvature)	2.203 m (기기 방향)
광시야 보정렌즈 및 대기보정 프리즘	
소재	Fused silica, BK7, FK5 등
직경	1530~1340 mm
두께	220~93 mm
무게	446~262 kg

■ 용어 설명

▶ 적응광학(adaptive optics)

대기의 분산에 의한 상의 교란을 광학계에서 실시간으로 보정함으로써 천체로부터의 빛이 왜곡되지 않아 마치 우주에서 촬영한 것과 같은 효과를 주는 최첨단 기술이다.

▶ 수차(aberration)

실제 광학계에 의한 결상과 이상적인 결상과의 차이로써, 광학계에서 상을 맺을 때 한 점에서 나온 빛이 광학계를 지난 다음, 한 점에 모이지 않아 영상에 빛깔이 있어 보이거나 밀려지는 현상을 일컫는다.