

K-DRIFT: KASI-**D**eep **R**olling **I**maging **F**ast-optics **T**elescope

K-DRIFT:

Exploring the Low-surface-brightness(LSB) Universe

K-DRIFT Collaboration(20+): 고종완, 김윤종, 김재우, 박홍수, 변우원, 선광일, 성언창, 유재원, 이용석, 전영범, 천상현, 최창수 (한국천문연구원), 장승혁(스마트 IT 융합 시스템 연구단), 김도훈(그린광학), 지명국(연세대학교), 이가영, 정예진(경북대학교), 이형권, 장승원, 경재현(레오스페이스)



CLEVOR's activities to explore the low surface brightness(LSB) Universe

Jongwan Ko

Summary (2020)

- ❖ Why exploring the LSB Universe? **almost totally unknown!**
- ❖ Activities for the **LSB Universe exploration**
 - Observations:
 - ICL(high-z, mid-z, low-z)
 - dwarfs around giant galaxies
 - Simulations:
 - ICL/UDG origin
 - Developing Telescope optimized to explore the LSB Universe

Summary (2022) update!

- ❖ Why exploring the LSB Universe? □ **almost totally unknown!**
- ❖ Activities for the **LSB Universe exploration**
 - Observations:
 - ICL(high-z, mid-z, low-z) ⇒ **Yoo et al. (2021); Gemini obs.**
 - dwarfs around giant galaxies ⇒ **Byun et al. (2020); KMTNet obs.**
 - Simulations:
 - ICL/UDG origin ⇒ **Chun et al. (2022); N-cluster sim. + GRT**
 - Developing Telescope optimized to explore the LSB Universe ⇒ **천문**

연구개발 개요: 천문학계의 빅이슈 난제 연구 도전

추진 전략: "기기개발+탐사관측+이론모형" 융합, 관측과 이론 연구의 선순환

관측기술(기기+관측법+자료처리) 개발

국내 기술로 연구 목적에 최적화된 첨단 영상+분광 기기, 탐사관측, 및 자료처리 기술 개발



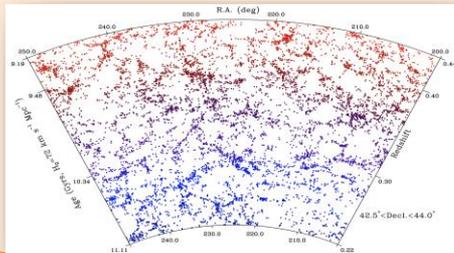
컴퓨팅기술 개발

연구 목적에 최적화된 맞춤 시뮬레이션 수행

K-SPEC

다천체 분광 탐사

다천체 분광기(MOS) 개발을 통한 가까운($z < 0.05$) 우주 전천 적색이동 탐사 수행



K-DRIFT

극미광(LSB) 영상 탐사

극미광 (LSB; Low Surface Brightness; $> 28 \text{ mag arcsec}^{-2}$) 천체 관측에 최적화된 소형 광시야 망원경 개발을 통한 LSB 우주 영상 탐사 수행

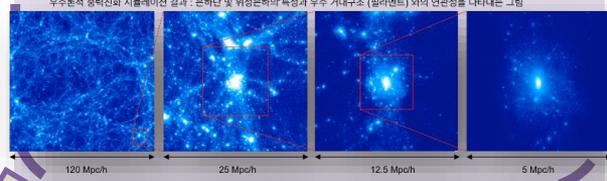


왜소 은하가 부서지면서 흩뿌려진 별들의 줄기

K-SIM

수치모의실험

영상+분광 탐사관측 자료와 비교분석을 위한 맞춤형 고분해능 우주론적 유체역학/중력진화 시뮬레이션 수행 및 우주거대구조 환경에서의 은하형성이론 모형 제공



우주론적 환경에서의 시뮬레이션 결과: 은하단 및 위성은하의 특성에 우주 거대구조 (필라멘트) 위의 연관성을 나타내는 그림

KASI-DRIFT, SPEC, SIM \Rightarrow KI-DSS

은하형성 과정 구명: 은하와 은하단의 진화 시나리오 제시

Roadmap: LSB 우주 탐사용 망원경(K-DRIFT) 개발 계획

자체연구개발사업 → 주요사업 →

2019-2020

2021-2024

2025-2027

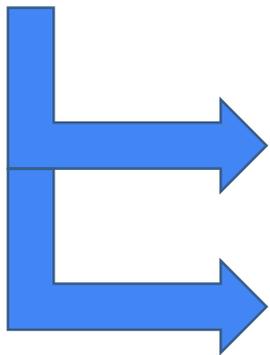
2028-2029

K-DRIFT 패스파
인더 개발
(30cm)

K-DRIFT 1st 개발
(2, 30-50cm급)

K-DRIFT 2nd 개발
(3, 30-50cm급)

K-DRIFT 3rd 개발
(우주망원경
pathfinder)



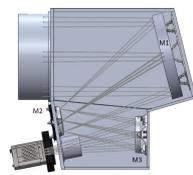
- 시험 관측 @BOAO
- 망원경 성능 개선을 위한 테스트: MSF error 개선 등
- 관측법+자료처리 기술개발

1차 LSB 탐사관측
수행

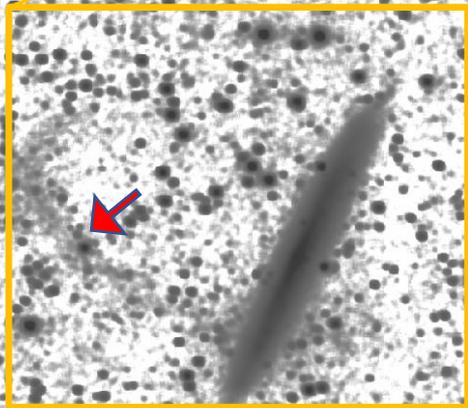
2차 LSB 탐사관측
수행

관측기술 업그레이드:
LSB 우주 탐사관측용
지상망원경 개발

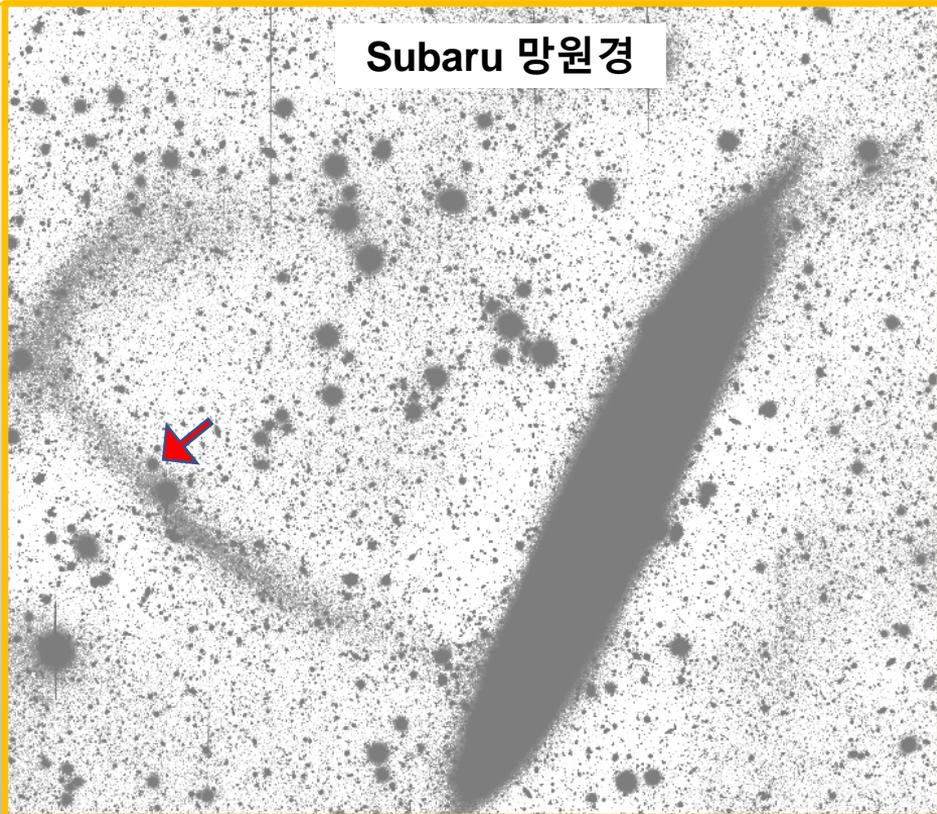
관측기술 업그레이드:
LSB 우주 탐사관측용 우
주망원경 개발 준비



K-DRIFT 패스파인더 망원경



Subaru 망원경



K-DRIFT 패스파인더

구경: 0.3m

노출시간: 6000초

Subaru

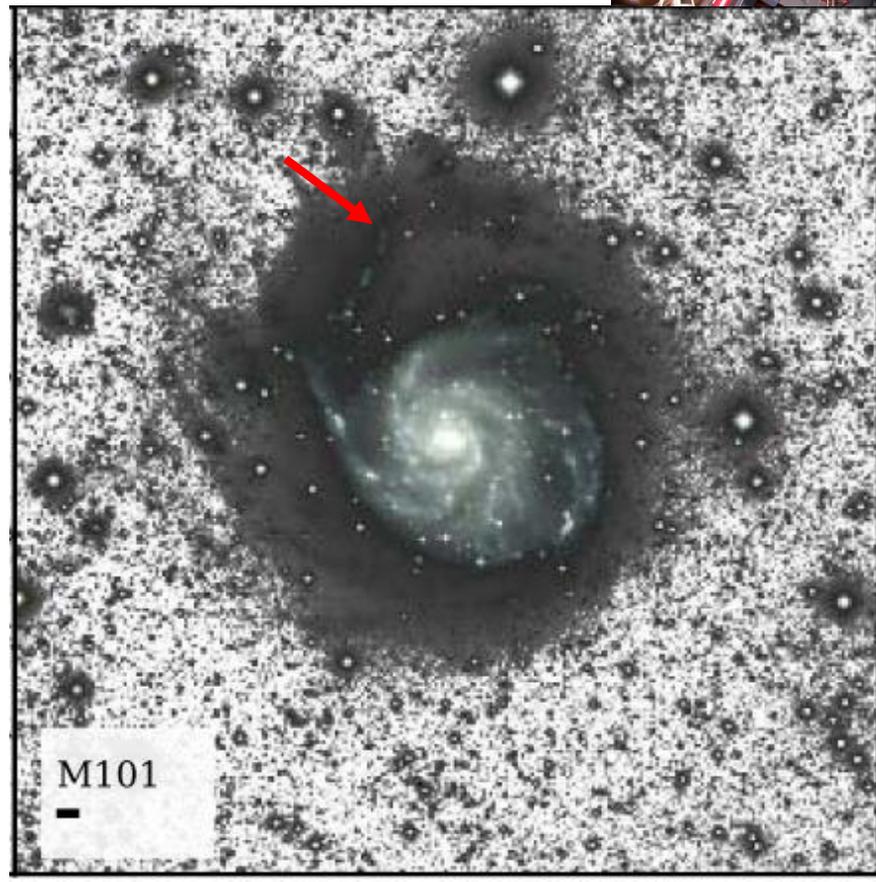
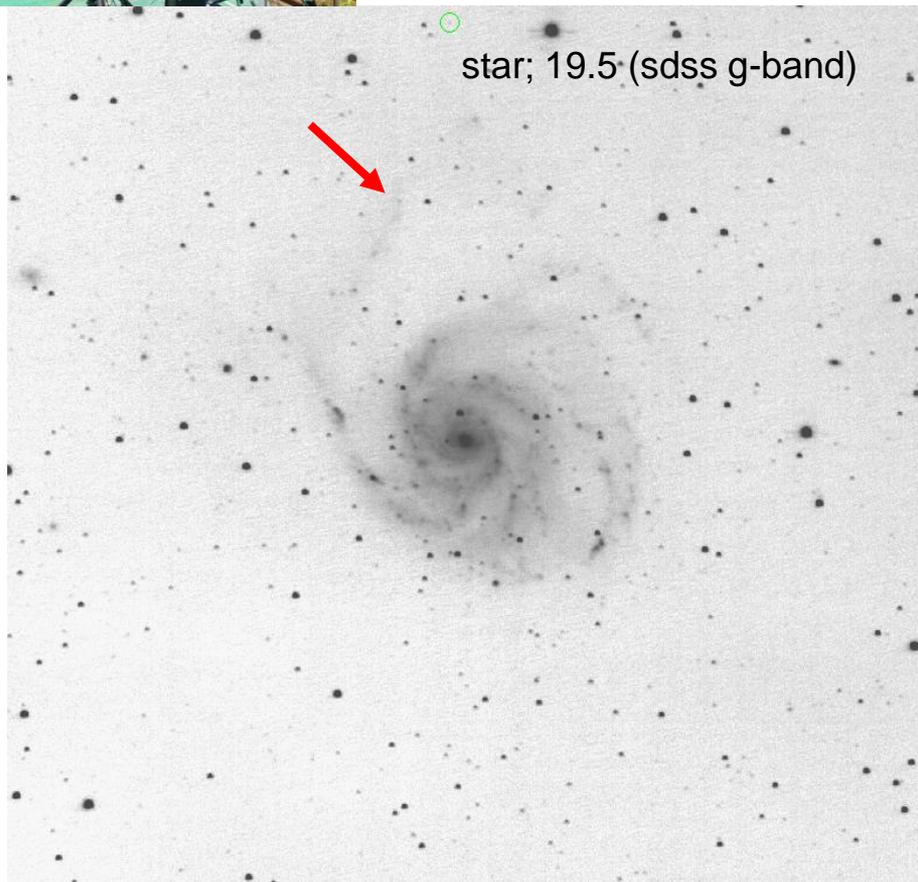
구경: 8.2m

노출시간: 1000초





K-DRIFT 패스파인더 vs Dragonfly Array (240s) (15-20h)



K-DRIFT pathfinder 개발

자체연구개발사업

주요사업

2019-2020

2021-2024

2025-2027

2028-2029

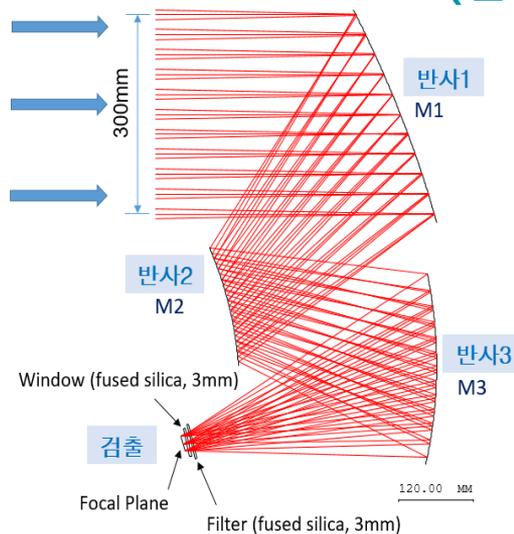
K-DRIFT
pathfinder 개발
(30cm)

K-DRIFT 1st 개발
(2, 30-50cm급)

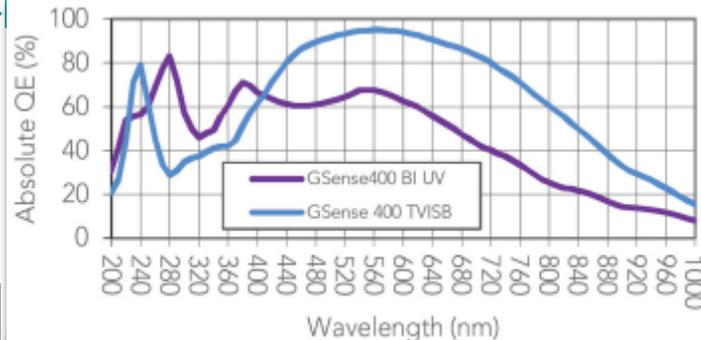
K-DRIFT 2nd 개발
(3, 30-50cm급)

K-DRIFT 3rd 개발
(우주망원경
pathfinder)

LAF-TMS (선형 비점수차가 제거된 비축-자이로코먼 앰피비스트)



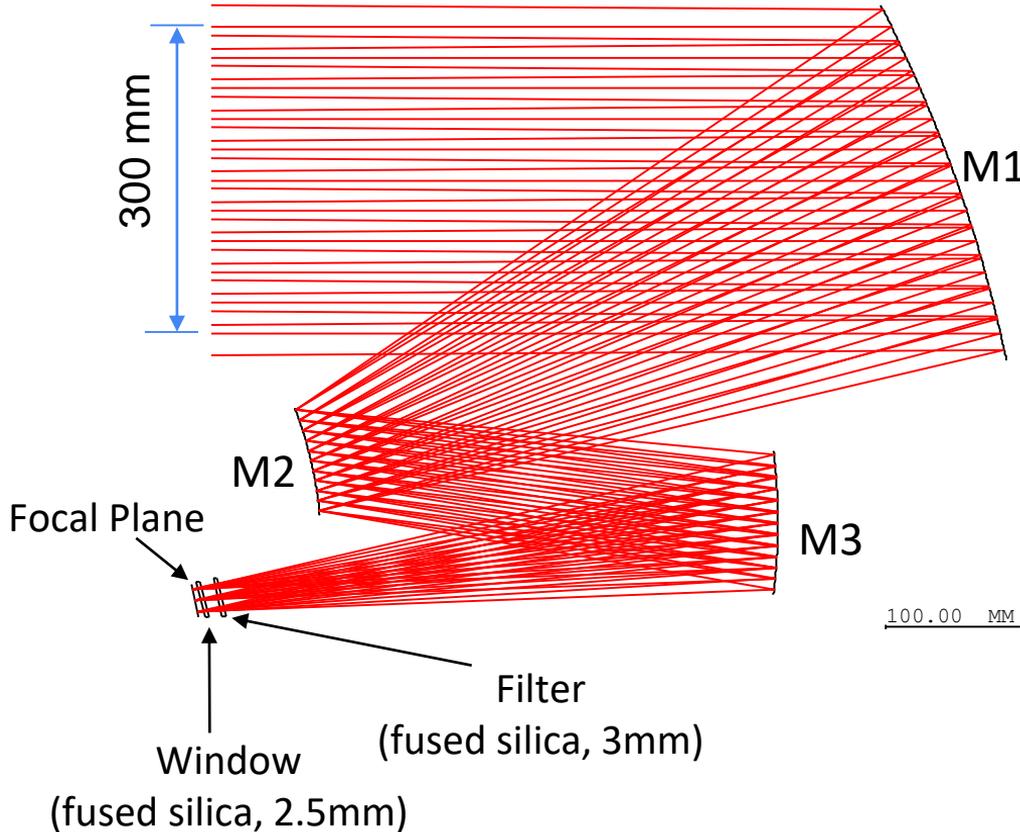
L filter (4000-7000Å)
CMOS 카메라 (KL400 BI)
FLI Atlas Focuser



Back-illuminated Kepler CMOS
pixel size: 11 um
pixels: 2048 x 2048
Readout noise: 1.6 e-
Frame rate: 24 fps

K-DRIFT 패스파인더 optical design

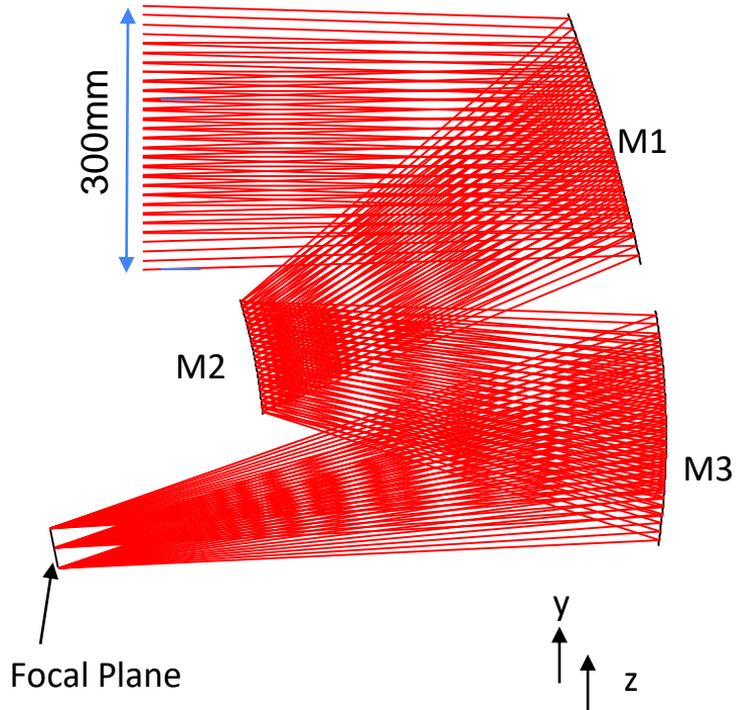
LAF-TMS (Linear-Astigmatism-Free Three-Mirror System)



Parameter	Measurement
Aperture Diameter	300mm
Focal Length	1200mm
Focal Ratio	4
Field of View	1.07°(H) x 1.07°(V)
Image Area	22.5mm x 22.5mm
Resolution	1.89" / 11um
M1-M2 Distance	550mm
M2-M3 Distance	350mm
M3-PF Distance	435.2231mm
M1 Tilt Angle	-15°
M2 Tilt Angle	20°
M3 Tilt Angle	-10°

K-DRIFT 1st optical design

LAF-TMS (Linear-Astigmatism-Free Three-Mirror System)

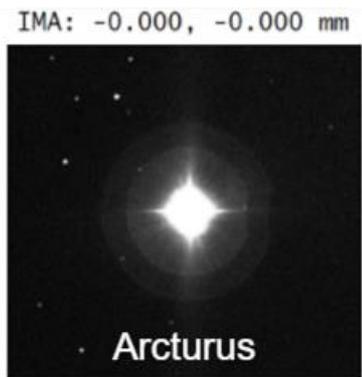


Parameter	Measurement
Aperture Diameter	300mm
Focal Length	1050mm
Focal Ratio	3.5
Field of View	3.5°(H) x 3.5°(V)
Image Area	65mm x 65mm
Pixel Scale	1.96 " / 10um
M1-M2 Distance	650mm
M2-M3 Distance	650mm
M3-PF Distance	969.95mm
M1 Tilt Angle	16°
M2 Tilt Angle	11°
M3 Tilt Angle	0.6487

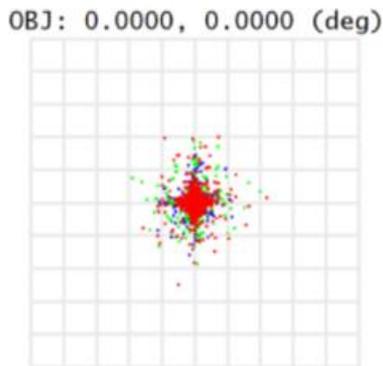
Parameter	Measurement	
M1 Diameter	380mm (diagonal)	
M2 Diameter	185mm (vertical)	
M3 Diameter	380 (diagonal)	
M1	R _t	-3017mm
	R _s	-2788mm
M2	R _t	937mm
	R _s	816mm
M3	R _t	-1233mm
	R _s	-1191mm

M3 is not perpendicular to z-axis

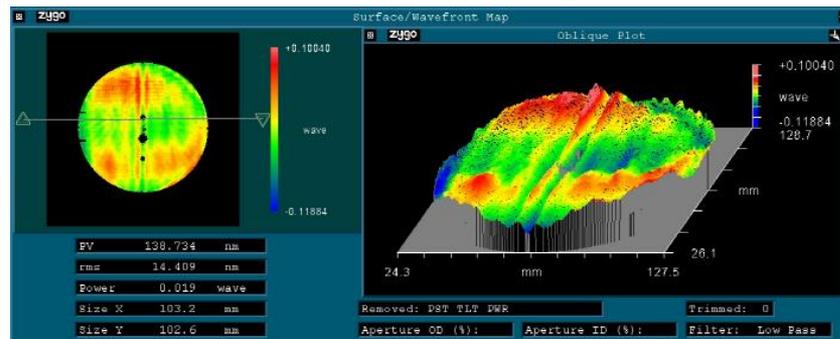
K-DRIFT 패스파인더 개선: Freeform optics fabrication errors



Observation



M2 simulation



M2 surface data

*MSF (Mid-spatial frequency) errors of M2
⇒ K-DRIFT pathfinder's larger PSF!*

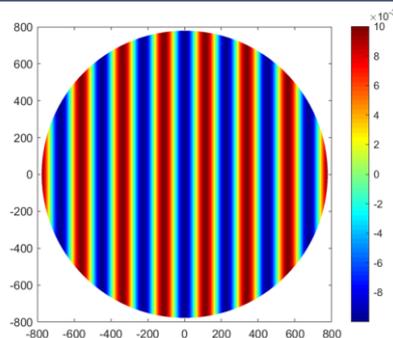
원인 분석 및 개선 방향: Pathfinder M2 재가공 및 광학면 분석 + 시뮬레이션 수행 ⇒ system requirement 정의

• MSF Simulation

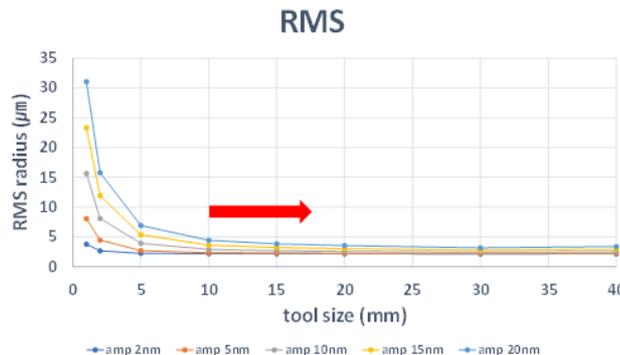
The simulation was performed by changing the tool size for spot radius analysis according to MSF

□ **Tool size ↑ Spot radius ↓**

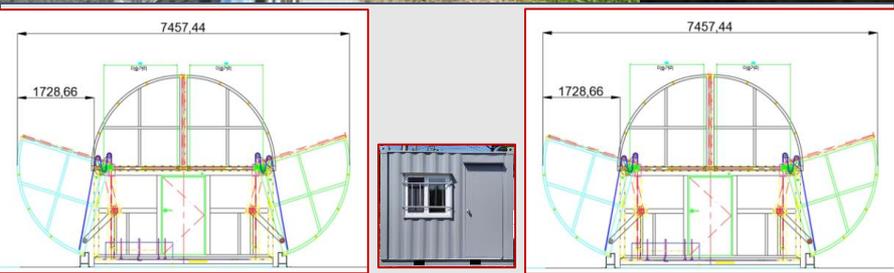
Especially, spot radius converges when the tool size is 10mm or more.



Mirror surface simulation



K-DRIFT/패스파인더 Enclosure 제작 @BOAO



콘크리트 패드 19 m x 5 m

Summary

- 국내 기술로 비축-자유곡면 3반사 광학망원경 개발
- 30cm급으로 LSB ($>28 \text{ mag/arcsec}^2$) 천체 관측 가능성 확인
- 국내 최초로 LAF-TMS 광학망원경을 이용한 천체 가시광 이미지 획득
- 향후 일정:
 - Pathfinder M2 재가공 및 MSF error 최소화를 통해서 M2 성능 개선
 - Pathfinder BOAO survey 시작: 10월~
 - K-DRIFT 1st 광학 설계: [f#: < 4 , FoV: $> 9 \text{ deg}^2$, pixel scale: < 2.0 "]
 - 망원경 Zerodur mirror 가공, 연마 및 측정: ~1.5년
 - 망원경 조립 및 정렬: 순차적으로 천문연에서 진행
 - 국내 테스트 및 국외 이동: 24년 상반기
 - 원격 관측시스템 구축 및 시험관측: 24년 하반기
 - K-DRFIT 1st 탐사관측 시작: 25년~

