

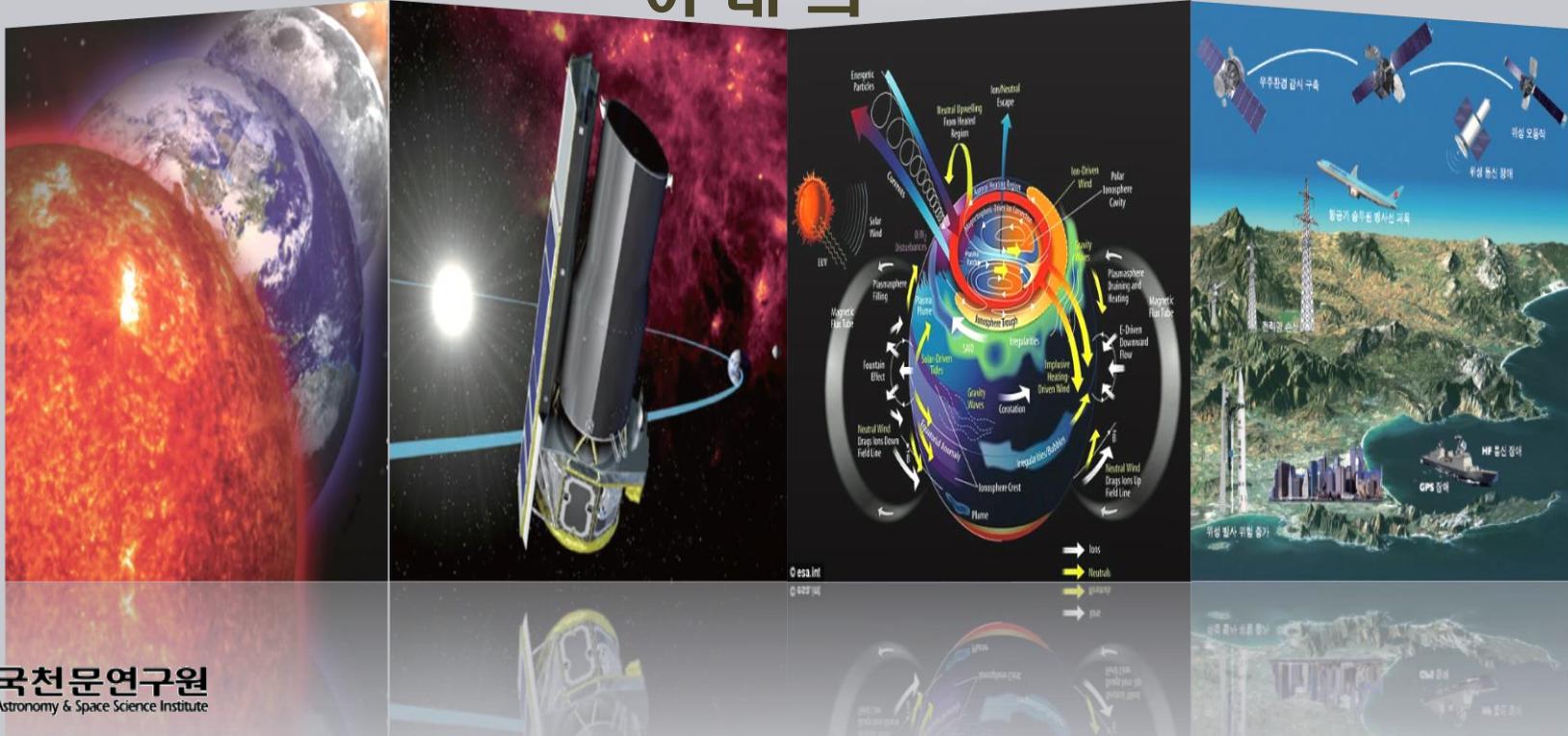
천문우주분야 등 기초자연과학 분야 국가 대응 융합연구단 :한국형 우주망원경

The 7th Survey Science Group Workshop

2018. 1. 15.

한국천문연구원

이대희



Contents

- I 과학임무의 타당성/독창성
- II 우주망원경 기술의 차별성
- III 우주망원경 실현 가능성
- IV PMW (Potential Major Weakness)
- V 융합연구단 추진 전략

천문우주분야 등 기초자연과학 분야 국가 대응

융합연구단 문제해결제안서

1. 현안 구체화

현안	인류의 궁극적 질문인 우주의 탄생과 진화 규명 연구에서 우주망원경 선진국의 관측 자료를 활용할 수 밖에 없어 기초자연과학 분야의 추격자로서의 한계 상존
현안 해결방안	국내 주도 우주망원경 개발을 통해 독창적, 독자적 우주 관측을 수행함으로써 천문우주과학 분야의 세계적 선도 입지를 개척할 수 있는 사이언스 데이터 생성

2. 핵심가치 설정

핵심 가치	우주망원경 과학임무의 독창성	미국의 Decadal survey, 유럽의 Cosmic Vision에 부합하되, 아직 구체적 실현 방안이 확보되지 않은 우주천문분야 주제: 아주 어두운 공간에서의 우주 진화	기존의 국내·외 우주망원경의 임무 목표에 한정 : 밝은 별 또는 은하, 일부 어두운 은하
	우주망원경 기술의 차별성	우주 선진국에서 아직 시도하지 않은 우주망원경 기술 수준	과학기술위성, 차세대소형위성 등 소형위성의 탑재체 기술 수준
	우주망원경 실현가능성	우주망원경 핵심 부품 및 기술을 국내 주도 개발	핵심 부품을 해외 도입에 의존

성능 목표	파장 대역 및 관측 감도	0.2~2.5 um 파장 대역에서 전천관측으로 감도 26 등급 이상	1~2 um 파장 대역에서 일부 지역 17 등급 까지 관측 가능
	요소 기술	구경 50~80cm 비축 비구면 SiC 망원경	구경 15cm 비축 비구면 알루미늄망원경
	국산화 품목	고감도 영상센서, SiC 광학계, 고정밀 자세제어 시스템	시스템 성능시험, 조립 및 검교정 기술

5. 문제해결 제안

자외선에서 적외선까지의 광대역 파장 (0.2~2.5 um)에서 26 등급 이상의 어두운 우주를 전천 영상/분광 관측이 가능한 우주망원경을 국내 개발하여 은하 진화 및 형성, 우주 거대 구조 등 천문우주분야에서의 글로벌 대형 성과 창출

6. 문제해결 시 기대효과

[과학·기술] 은하 진화 모델, 우주론 모델 정립 등 천문우주 난제 규명으로 인류의 지식 확장

[국가·사회] 우주관측 자원의 국제공동 활용으로 세계 경제규모 10위에 걸맞은 국가과학역량 위상 제고

[사회·경제] 국제 우주관측 참여국과 산업화 및 우주 비행사단을 통한 우주 산업화 및 일자리 창출

기획연구 보고서 책자

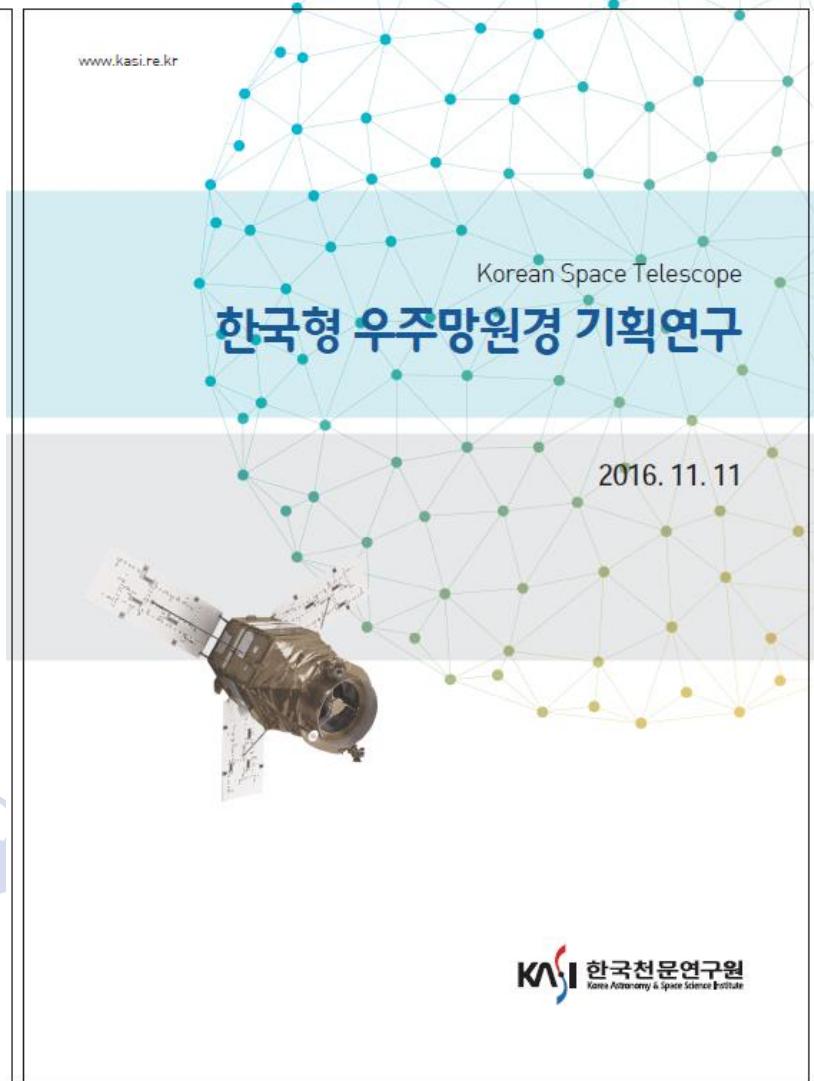
| 2016.11 인쇄

한국형 우주망원경 기획연구 위원회

김민규	송용선
문봉곤	이대희
문홍규	이창희
박원기	정웅섭
선광일	표정현

자문위원

김성수 (경희대학교)
박수종 (경희대학교)
안경진 (조선대학교)
임명신 (서울대학교)
이석영 (연세대학교)
장승혁 (KAIST)
진호 (경희대학교)



우주망원경 기술의 차별성

- 세계 최초로 자외선에서 가시광선, 적외선까지 분광/영상 전천 (all sky survey) 관측 가능한 우주망원경 구현
- 선형 분광 필터(LVF)를 사용하여 우주망원경 간소화 및 효율적 영상, 분광 시스템 구현
- 비축 반사경을 이용하여 큰 시야각을 가짐으로써 우주의 넓은 공간 영역 관측에 최적화
- 우주망원경 구경은 과학 임무 조건, 개발 기술 수준 및 탑재되는 위성의 크기를 고려하여 최적화

Item	Specification	Remark
Wavelength UV-Visible IR	200-1000 nm 0.9 – 2.5 um	자외선, 가시광, 적외선 포함
Spectral Power UV-Visible IR	6 bands on 8 detectors LVF (R ~ 40) on 2 detectors	LVF : Linear Variable Filter
Optics	TMA (Three Mirror Assembly) SiC	Using dichroic beam splitter Between UV-Visible to IR
FoV	2 x 4 degrees	2 UV-Visible detectors 2 IR detectors
Focal ratio	f/2	Optimal for Surface Brightness
Pixel resolution	3.5"/pixel	
Aperture	50-80 cm	과학 임무 및 위성 크기 고려
Detector UV-Visible IR	1K x 1K, 13um pixel H2RG (2K x 2K) 18 um pixel	국내개발 Teledyne

우주망원경 실현 가능성

| 기반 기술 연구 수행

- 기존에 개발하였던 과학기술위성, 차세대소형위성 등을 통해 우주망원경 기반 기술 확보
- 정밀 위성체 제작 기술, 70cm SiC 반사경 제작 기술 등을 기 확보했으며, 고감도 자외선 영상 센서 기술 개발 중
- 국내외 협력 네트워크 확보



과학 임무의 타당성/독창성

“Low Surface Brightness Universe”

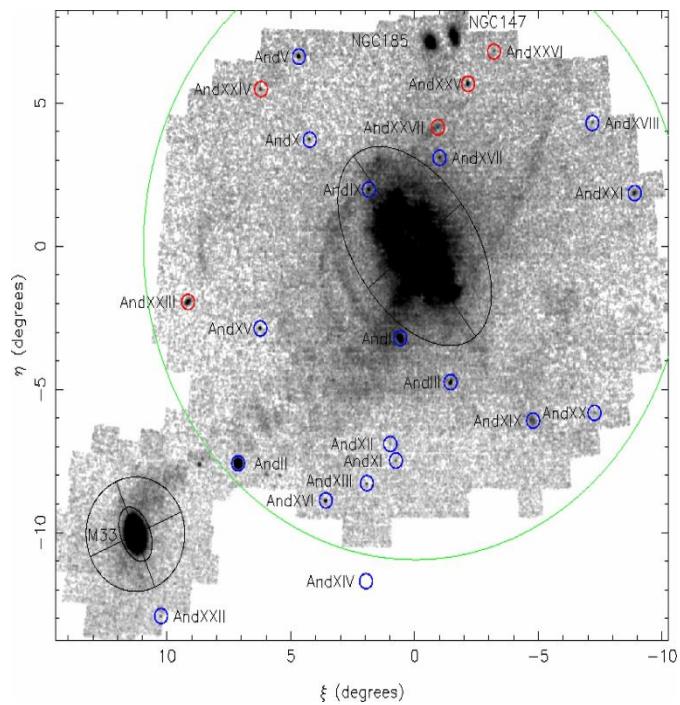
- 우주에는 지금껏 관측하지 못한 다양한 어두운 천체가 존재
- 지상이나 우주의 대형 망원경들은 point source 관측에 특화
- 세계 최초로 어두운 우주를 자외선에서 적외선까지 표면 밝기 26 등급 전천 관측 목표
- 은하 진화, 우주론, 성간 물질에 대한 독창적 연구 가능
- GMT, KMTNet 등 지상망원경과 융합 연구 가능
- FIMS, MIRIS, NISS, CIBER 등 기존의 우주망원경과 연계한 연구 가능

<http://www.issibern.ch/teams/ultralowsurf/>

은하 진화 및 형성 연구

잃어버린 위성은하 문제와 극미 왜소은하의 발견

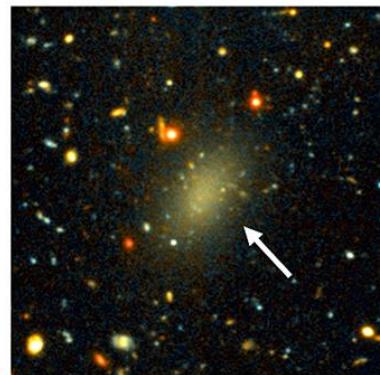
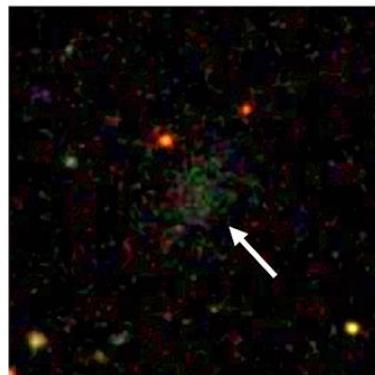
- 위성은하들은 표면밝기가 매우 어두워서 ($> 30 \text{ mag/arcsec}^2$) 일반적인 지상관측으로는 그 존재를 찾아내기 매우 어렵워 어둡고 희미한 광신호를 찾아내기 위해 매우 빠른 초점비(f-ratio)를 갖는 광학계가 필요하며, 배경 잡음을 최대한 낮추고 전천탐사를 수행하기에 유리한 광시야 우주망원경이 요구됨
 - 근거리 우주에서 현재까지 관측된 어두운 왜소은하의 개수는 표준우주모형의 예측하는 값에 비해 수십배 이상 적은 '잃어버린 위성은하 문제(missing satellite problem)'가 존재하며, 이들은 우주초기에 형성되었던 첫 은하의 모습을 그대로 보존하고 있다고 여겨져서 표준우주모형이 예측하는 계층적 은하병합 모델을 관측적으로 검증하기에 매우 유용한 천체임



은하 진화 및 형성 연구

| 암흑 물질 은하 연구

- Ultra-Diffuse Galaxy (UDG) 또는 Ultra-Faint Dwarf (UFD)는 LCDM 우주론과 은하형성 모형을 검증하는데 매우 중요한 대상으로 예를 들면 Dragonfly 44와 같은 경우는 크기는 우리은하와 비슷하지만 은하의 질량이 99.99% dark matter로만 이루어져 있어 그간 발견되지 않던 천체임
- 이런 류의 은하들을 새롭게 발견하는 것은 광시야 우주망원경과 같은 광학계를 가진 망원경의 역할이지만, 정밀한 후속 분광관측으로 radial velocity를 측정해야 비로소 은하의 dynamical mass를 추정하고 dark matter fraction을 알아낼 수 있으므로 거대 마젤란 망원경 (Giant Magellan Telescope, GMT)와의 연계 관측 및 연구가 필수적

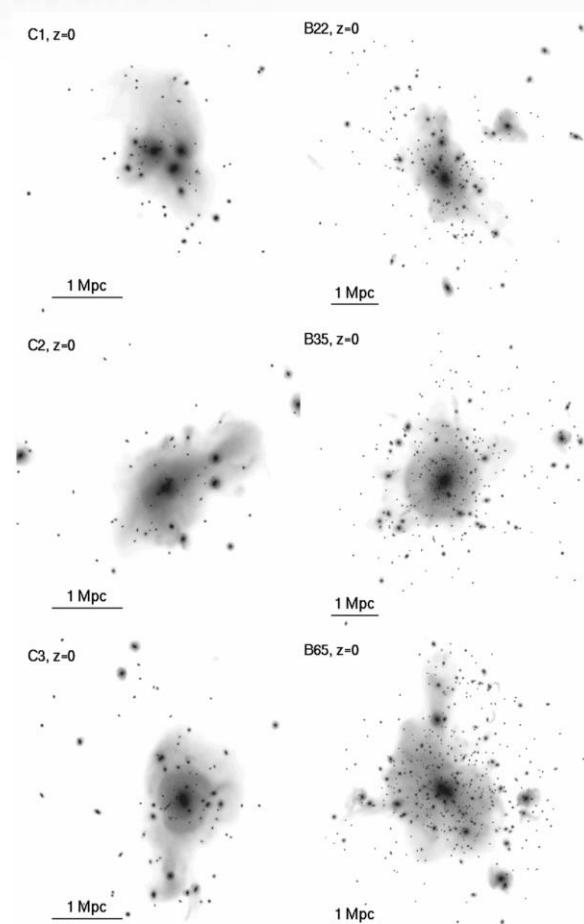


은하 진화 및 형성 연구

■ 은하간 중력 상호작용과 은하단내 물질 분포 연구

■ 오늘날의 우주에서는 질량이 비슷한 은하간의 충돌에 의한 병합의 가능성은 낮은 반면, 질량이 낮은 위성은하가 이웃한 거대은하의 중력에 의해 빨려들어가면서 유입되거나 은하간의 중력 상호작용에 의해 은하외곽부의 별과 가스 등의 물질들이 은하간 공간으로 흘러나가는 현상들이 예측

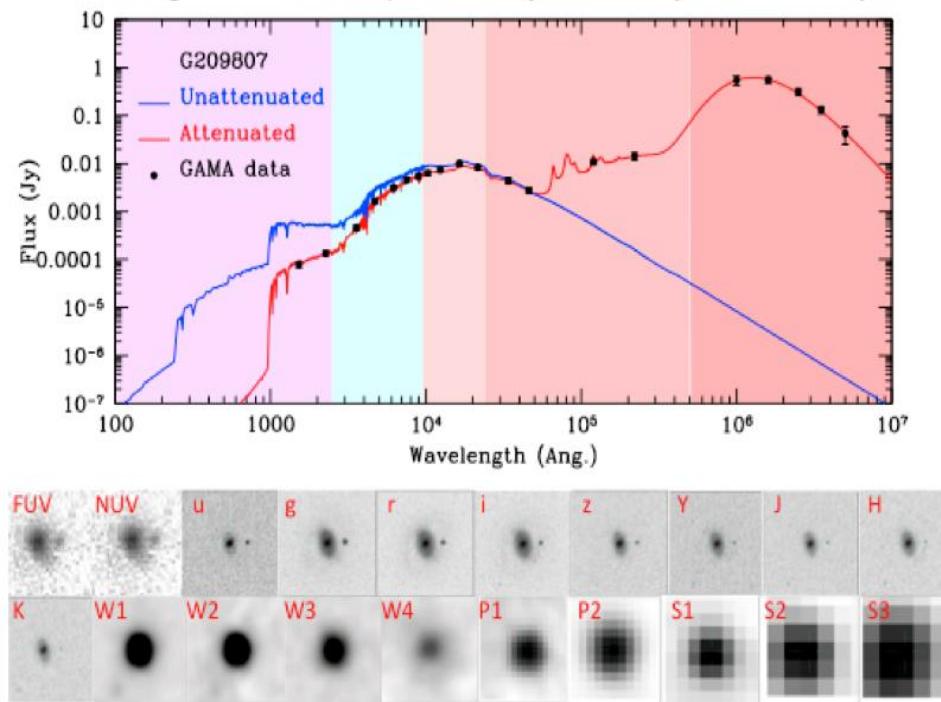
■ 우주의 은하군과 은하단에는 과거에 여러 차례 다수의 계층적 병합에 의해 거대한 하나의 암흑물질 헤일로 안에 국부적으로 높은 공간밀도를 가진 다수의 은하들이 분포하며, 은하간 중력 상호작용에 의해 은하의 형태가 어떻게 변화하는지, 그리고 은하내에 존재했던 물질들이 어떻게 은하간 공간으로 흘러나가는지를 추적하는 연구가 필요



은하 진화 및 형성 연구

| 다파장 탐사관측과 은하적분 스펙트럼을 이용한 진화 연구

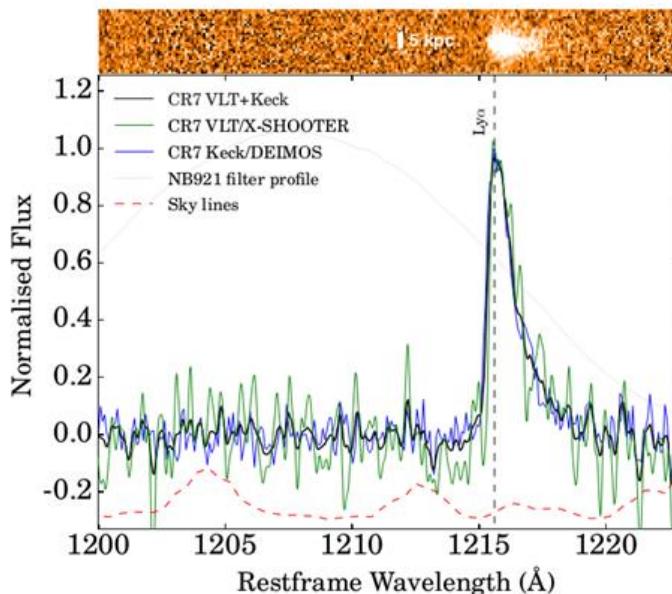
■ 다양한 특성의 은하들에 대한 형성기원과 그 이후 진화단계에서 벌어지는 항성종족 및 성간물질들에 대한 연구를 위해서는 자외선-가시광선-적외선에 이르는 다파장 관측연구가 필요



은하 진화 및 형성 연구

| 우주 재이온화 연구

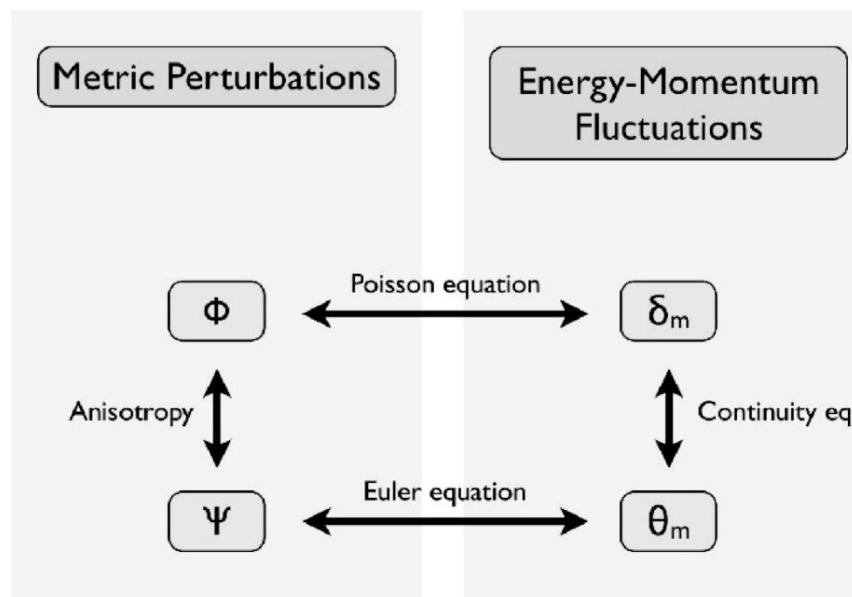
■ 한국형 우주망원경의 근적외선 영역(0.9-2 μm) 관측은, 크게 두 가지 가능성에 주목할 만한데, 첫째 mildly-high-redshift($z \sim 0.5-5$)대의 은하/항성 관측에서 있어서 관측 대상의 관측 스펙트럼 영역을 확장할 수 있어 광대역으로 은하 내 별의 initial mass function(IMF)나 spectral energy distribution(SED)를 관측할 수 있으며, 둘째 근적외선 영역의 추가는 very-high-redshift($z \sim 7-16$)의 Lyman alpha emitter(LAE) 관측이 가능



우주 거대 구조 및 진화 연구

4세대 광시야 관측과 상호 보완

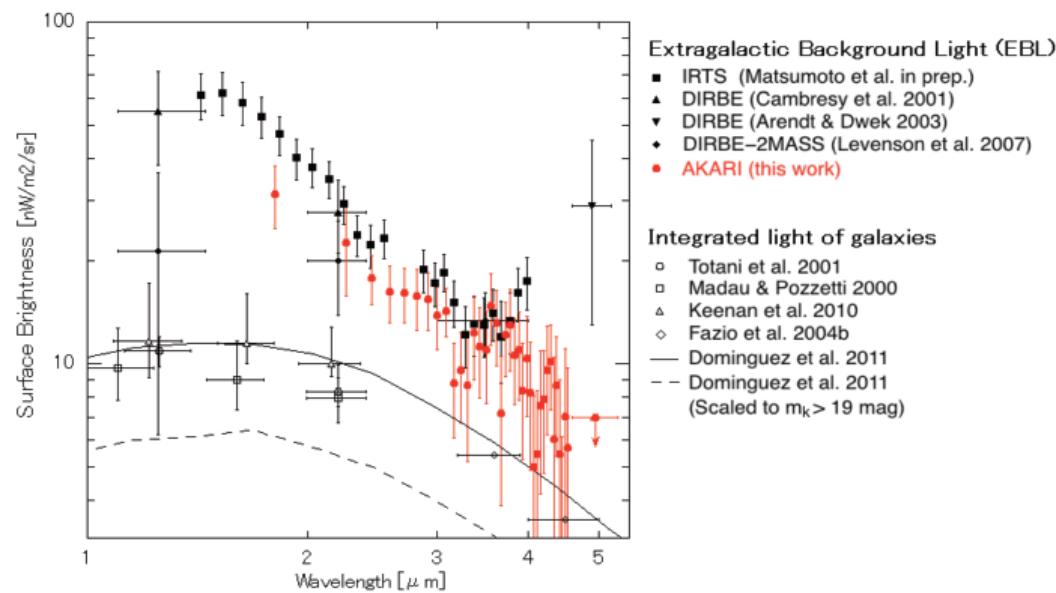
- 우주팽창이 진공에너지에 의해서 가속되고 있는지 혹은 암흑에너지에 해당하는 새로운 물질이 존재하는지 여부
- 입자물리적인 방법으로 중성미자의 질량이 있다는 것은 알게 되었지만, 그 질량이 정확히 얼마인지는 4세대 광시야 관측으로 해결
- 우주배경복사 실험으로 관측한 우주초기조건의 크기와 기초적인 변화량 변수들을 재확인하는 연구



배경 복사 연구

■ 근적외선 우주 배경 복사

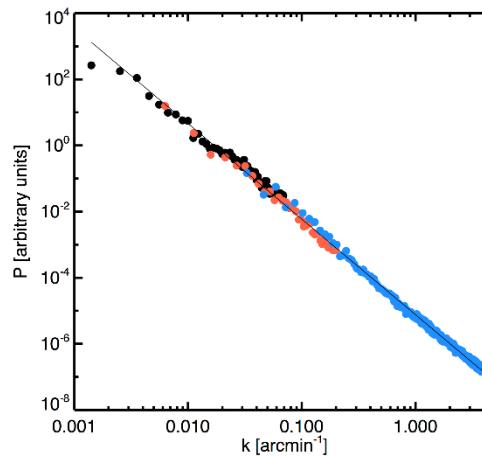
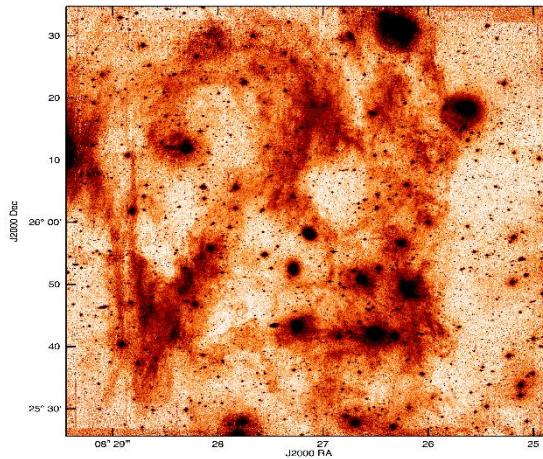
■ 외부은하 배경광은 근적외선 파장에서 뿐만 아니라 감마선부터 전파까지 넓은 파장에 걸쳐 검출되고 있지만 근원이 우리은하 바깥에 있다고 추정할 뿐 방출원이 무엇인지에 대해서는 명확히 밝혀지지 않고 있으며, 각 파장에서 검출되는 외부은하 배경광이 동일한 광원 또는 기작으로 발생하는 것인지 조차 불분명



성간 먼지 연구

| 우리은하의 고위도 Cirrus 먼지 구름

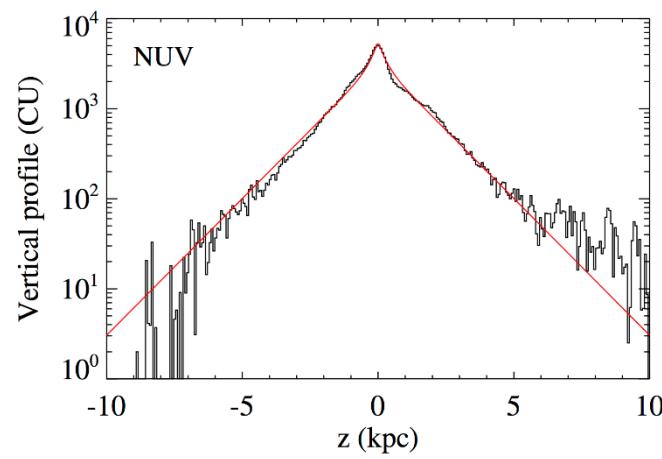
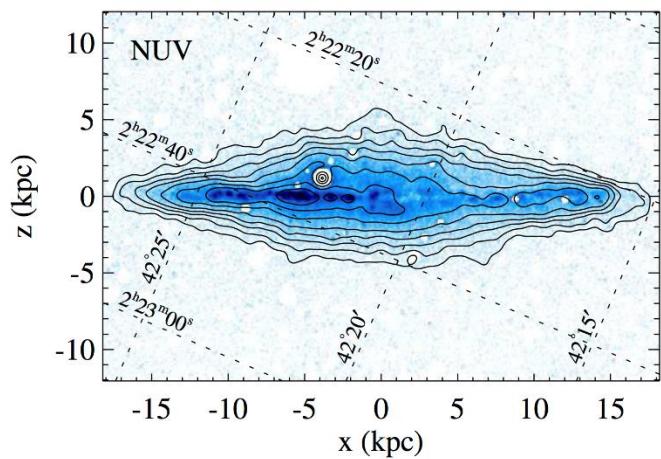
■ 1984년 처음으로 $100 \mu\text{m}$ 관측을 통해 밝혀진 우리은하의 고위도 영역 Cirrus 먼지 구름은 자외선 및 근적외선까지의 별빛을 반사시켜서 반사성운과 같은 모습을 보여주기에 먼 우주의 정밀한 우주관측을 위해 Cirrus 먼지 구름에 대한 다파장 전천관측이 필요



성간 먼지 연구

■ 가까운 외부은하 헤일로의 성간먼지층 연구

■ 가까운 face-on 은하들의 나선팔과 나선팔 사이의 공간에서 관측되는 자외선이 별에 의한 것인지 성간먼지에 의한 것인지는 별탄생과 관련하여 중요한 연구 주제이며, 다파장 관측과 모델연구를 통해 성간먼지에 의한 산란광이 얼마나 많은 부분을 차지하는지를 연구하고 헤일로의 성간먼지층과의 관계를 연구 가능



PMW (Potential Major Weakness)

| 융합연구단..

- 미래선도형 : 3+3년, 40~80억원/년, 2019년 사업 시작으로 준비 기간이 부족하고, 사업의 규모가 불명확하며, 협력 기관 등 융합연구 체계 구성에 어려움
- 위성 자세 제어, SiC 비구면 광학계 등 기술 확보 불확실성 존재
- 융합연구단 내에 세계 선도 수준 과학 리더 부재

융합연구단 추진 전략

| PMW 극복 방안

- 1단계 3년 동안 요소 기술 선행 연구 수행
 - SiC 광학계 제작
 - 고정밀 위성 자세제어 구현
 - 고감도 센서 개발
 - 위성체 설계 및 발사체 선정
- 국제협력을 통한 과학, 기술 위협 요소 회피
 - ESA, Caltech 등 기존의 협력 네트워크 활용
- 융합연구단에 SRL 초빙 및 과학, 기술 인력 보강
 - 학회 연계하여 국제데이터센터 구축

추진 체계

자원, 임무, 기술수준 등 객관적 분석결과에 근거한 전략적 추진



추진 계획

■ 총개발기간: 2019-2024 (3+3년)

- 2016~**2018**: 사업기획연구 및 **융합연구단 기획연구**
- 2019~2021: 국가 R&D를 위한 예비타당성 심사, 우주망원경 기본설계
- 2022~2024: 우주망원경, 위성체 개발 및 발사

■ 총예산: 450억원 (우주망원경+위성, 발사체 제외)

- 천문연 주요사업: 150억원
- 연구회 지원비: 300억원
- 발사체: 중형위성, 한국형 발사체 활용 또는 국제 협력



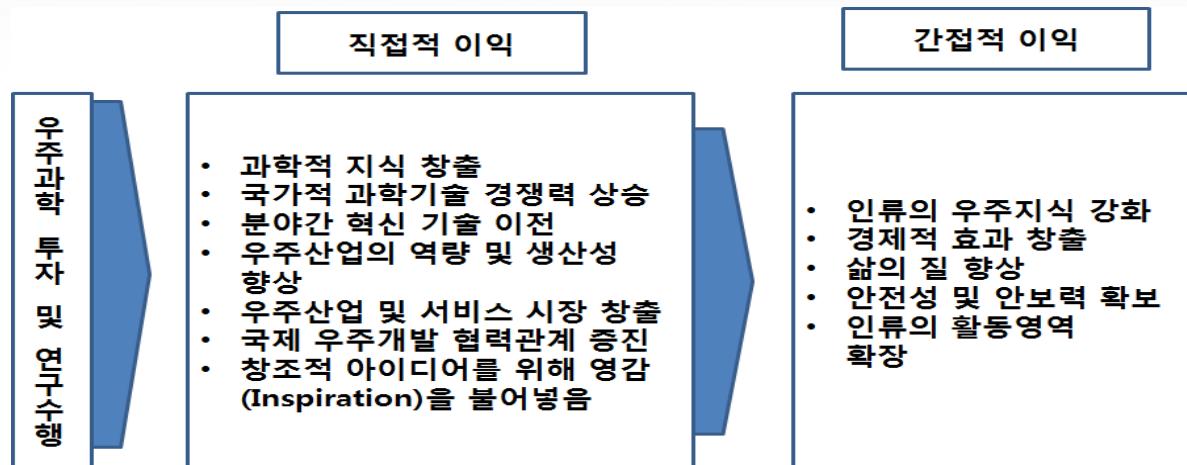
기대 성과

■ 인류의 지식확장 기여를 통한 국가 위상제고

- 세계적 과학 난제 규명을 통한 국가과학역량 강화
- 우주관측 자원의 국제공동활용으로 국제 사회의 기여
- 인류의 활동 영역확대를 위한 정보제공

■ 우주기술확보를 통해 미래성장동력 창출(원천지식 확보)

- 선진국 우주기술 습득 기회 제공
- 탑재체 및 위성기기개발을 위한 국내 우주기술 자립화
- 우주기술 산업화를 통한 신 시장 발굴
- 빅데이터 활용 및 분석을 통한 산업기술 개발



우주망원경 로드맵

우주망원경을 이용한 우주기원 및 진화 연구





감사합니다

