

멈추지 않는 탐험 - 대담한 비전 -

나사(NASA) 천체 물리학의 향후 삼십 년 -



나사(NASA) 천체 물리학을 위한 과학 주도 30년 비전

지난 30년 동안 천문학과 천체 물리학은 경이로운 속도로 발전하였습니다. 그러나 현 지점에서 우리는 어디로 향해야 할까요? 이 로드맵은 우리가 이룩한 놀라운 진보를 토대로 다음 세 가지 핵심적인 질문에 대한 해답을 발견하여 더욱 많은 업적을 쌓아올릴 나사 천체 물리학의 미래를 위한 과학 주도 30년 비전을 제공합니다:

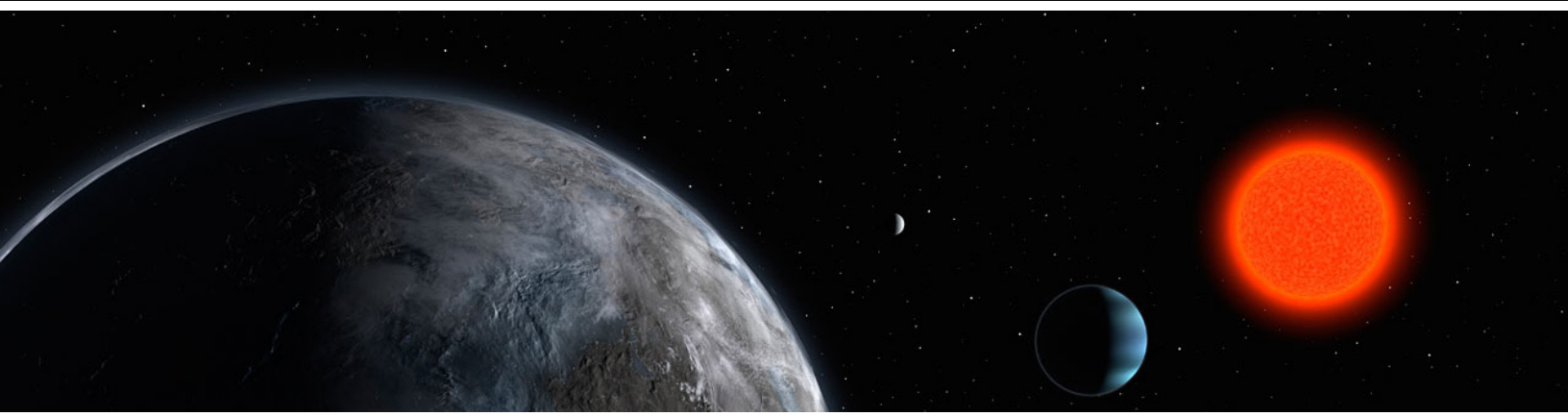
- 우리는 혼자인가?
- 우리는 어떻게 여기까지 왔나?
- 우주는 어떻게 작용하는가?

인류의 멈추지 않는 탐험의 목표는 수 세기 동안 이어진 이들 질문에 대한 답을 찾는 것입니다. 다가오는 수십 년 동안 우리는 지구처럼 거주할 수 있는 세계(외계 지구)를 검색하고 별과 은하계 형성 및 진화의 역사를 이해하며 우주 기초 물리학에 대한 정보를 얻는 데 커다란 도약을 할 것입니다.

전자기 스펙트럼에서는 파장에 따라 서로 다른 천문 현상이 두드러지게 나타나는 것이 일반적입니다. 젊고, 먼지에 덮힌 별들은 적외선 먼 쪽에 있고, 더 오래된 별들과 은하계는 가시 광선 및 그 근처 파장에서 발견되며 별을 형성하는 지역은 자외선에서, 은하계 응집군의 백만도 가스와 블랙홀의 강착 원반(accretion disks)은 엑스선에서 찾을 수 있습니다. 전자기 스펙트럼을 모두 조사하는 것에 더하여 로드맵 미션은 두 개의 블랙홀 융합과 같은 거대한 사건에서 발산하여 우주 전체로 방사하여 관측되는 중력과, 공간-시간의 리플 현상을 탐지함으로써 우주에 대한 혁신적인 새 장을 열어줄 것입니다.



이러한 과학적 조사와 이것을 가능하게 하는 우주 미션은 세 개의 광역 시간을 기준으로 구분합니다. 첫 번째는 현재 비행 중이거나 10년 이내에 계획된 미션으로 정의한 가까운 시기이고, 두 번째는 2020년대에 설계 및 구축될 수 있는 이론적 미션(여기에서는 "서베이어"로 참조)을 수행할 형성의 시기이며, 세 번째는 2030년대 이후로 계획된 기술적으로 진보된 미션(여기에서는 "매퍼"로 참조)을 수행할 비전의 시기입니다.



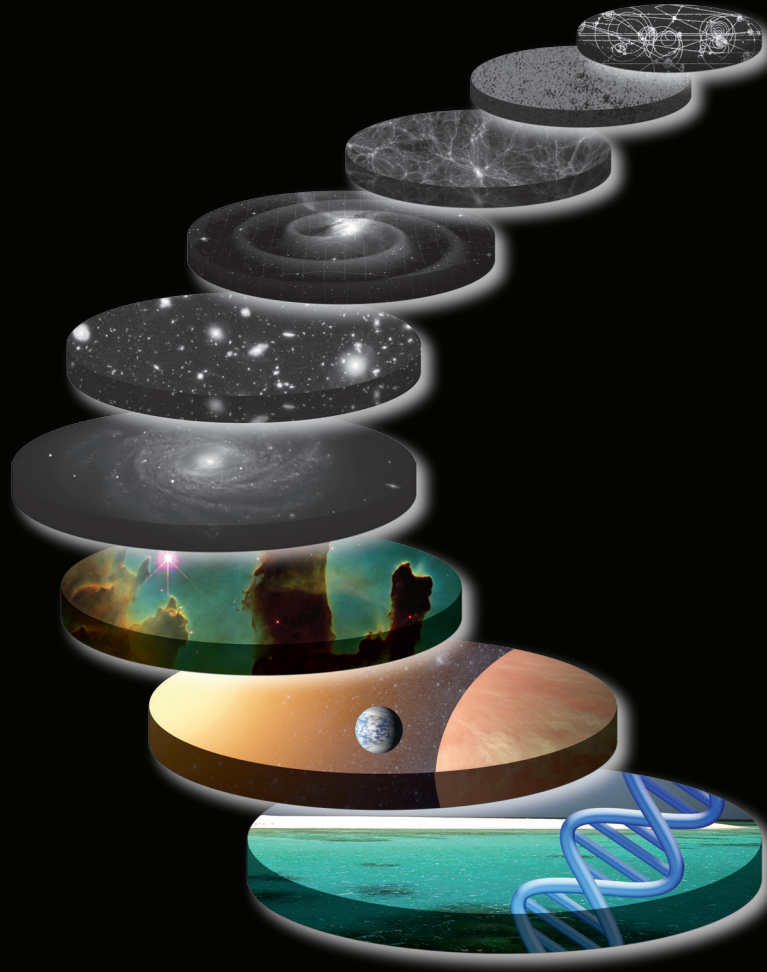
우리는 혼자인가?

인류 역사를 통해서 우리는 우주를 이해하고 그 안에서 우리는 어떠한 존재인지를 알고자 염원하였습니다. 이러한 탐험의 다음 단계이자 가장 흥분되는 단계는 1990년 중반 다른 별 주변의 행성 발견으로 지평을 열었고 수천 개의 연구 대상 외계 행성을 발견한 나사의 케플러 (Kepler) 미션으로 현재까지 지속하고 있습니다.

가까운 시기 동안 우리는 케플러 미션과 추후 미션을 통해서 거주할 수 있는 구역에 있는 불안정한 외계 행성의 존재를 파악할 것입니다. 우리는 주력 장비인 제임스 웹 우주 망원경 (James Webb Space Telescope)을 사용하여 광범위한 외계 행성의 다양성 및 특성을 연구할 것입니다. 우주 생물학 연구는 우리가 다른 세계에 있을 수 있는 생명의 신호를 더욱 잘 이해할 수 있게 합니다.

형성의 시기에는 대형 자외선-광학-적외선 우주 망원경인 LUVOIR 서베이어가 가까운 별들 주변의 거주 가능한 구역에 있는 불안정한 외계 행성에 정말로 생명을 보존할 수 있는 표면 환경이 조성되어 있는지 확인해줄 것입니다. 이 미션은 또한 표면 생명체의 대기 환경 신호까지 간접적으로 파악할 수 있게 할 것입니다.

비전의 시기에 해당하는 야심찬 외계 지구 매퍼 우주 미션은 지구와 유사한 근처 행성에 있는 대륙, 해양 및 표면 생명체의 증거를 직접 제공할 수 있을 것입니다. 이 목표를 달성하기 위해서는 넓은 간격으로 분리된 몇 개의 소형 망원경의 힘으로 소형 망원경이 분리된 거리에 상당한 지름의 거대 망원경 한 개의 해상도를 달성하는 기술인, 우주 기반 간섭 측정법이 요구됩니다.



형성의 시기(2020 - 2030)

LUVOIR 서베이어

비전의 시기(2030+)

외계 지구 매퍼



우리는 어떻게 여기까지 왔나? -

가까운 시기 동안 우리는 별의 생명 주기와 원소의 진화에 관해 새로운 정보를 자세히 배우고 우리 자신의 은하계를 구축한 강착 이벤트 목록을 완성하며 우주의 최초 은하계 이미지를 작성할 것입니다. 이러한 노력은 제임스 웹 우주 망원경 (James Webb Space Telescope)을 포함한 지상 및 우주 기반 시설을 모두 사용하여 이루어질 것입니다.

형성의 시기에 우리는 LUVOIR 서베이어로 근처 행성 환경의 화학적 진화에 대한 지도를 작성하고 Far-IR 서베이어로는 물이 행성을 형성하는 디스크 내부로 어떻게 흘러들어가는지 연구할 것입니다. LUVOIR 서베이어는 또한 우리 자신의 은하계에 대한 "고고학"적 유적을 발굴하여 우리가 더욱 작은 은하계에서 강착된 흔적을 추적하고 이 디스크가 회전하는 원리와 나선 팔(spiral arms)이 작용하는 원리에 관한 동영상 제작하며 은하계의 모든 구성 요소를 형성한 가스의 화학적 조성을 구축할 수 있게 할 것입니다. 우리는 다른 은하계에 관한 유사한 정보 또한 수집할 것입니다. 엑스선 서베이어는 근처 우주에 존재하는 블랙홀의 회전을 측정할 수 있게 하여 초대질량 블랙홀의 힘으로 움직이는 퀘이사와 기타 은하계의 내부 작용을 밝힐 수 있을 것입니다. 중력과 서베이어는 거대한 블랙홀 융합자를 기록할 것입니다.

비전의 시기에는 동등한 일련의 매퍼 미션을 통해 우주 시간 전체에서 각각의 공간으로 연구를 확장할 것입니다. 외계 지구 매퍼는 근처의 블랙홀 주변에 있는 강착 원반(accretion disk)의 영상을 직접 작성할 것입니다. 달의 저편에서는 우주의 새벽 매퍼 라디오 배치를 통해 최초의 별이 빛을 발하고 재이온화(reionization) 시기가 도래하기 전인 암흑 시대(dark ages) 동안 존재한 구조를 밝힐 것입니다.



형성의 시기(2020 - 2030)

Far-IR 서베이어
LUVOIR 서베이어
엑스선 서베이어
중력과 서베이어

비전의 시기(2030+)

엑스선 매퍼
중력과 매퍼
외계 지구 매퍼
우주의 새벽 매퍼



우리 우주는 어떻게 작용하는가?

현대의 우주 관측을 통해서 우주의 기원에 관한 의문을 해결하는 데 필요한 강력한 실증적 토대가 제공되었으나 이러한 해답은 여전히 매우 불완전합니다. 최근 수십 년 사이에 있었던 직관과 가장 반대되는 과학적 발견을 통해 우리는 우주의 팽창은 느려지는 것이 아니라 오히려 가속되고 있음을 알게 되었습니다. 이것을 주도하는 힘을, 암흑 에너지(dark energy)라고 하는데, 이것 또한 아직 이해되지 않고 있습니다.

우주 배경 복사(CMB)는 우리 우주 탄생의 잔광입니다. 형성의 시기에는 CMB 편광 서베이어가 중력파의 존재로 인해 발생하는 이 빛의 "꼬임"을 자세히 측정할 것입니다. 엑스선 서베이어는 중성자 별의 속성을 측정하고 블랙홀 근처에서 일반 상대성 이론에 기초한 예상을 검증할 것입니다. 중력파 서베이어는 우주 전체에서 초대질량 블랙홀 융합자를 측정하고 이들에 대한 물리학적 예상과 중력파 편광에 대한 예상을 검증할 것입니다.

비전의 시기에는 중력파 매핑이 수십만 개의 융합 중성자 별과 블랙홀을 활용하여 우주 팽창 역사를 초정밀하게 측정하고 초기 우주에서 온 중력파를 직접 탐지할 것입니다. 우주의 새벽 매핑은 재이온화(reionization) 시기에 있던 물질의 초기 응집 현상을 정밀하게 측정할 것입니다. 블랙홀 매핑은 초대질량 블랙홀 주변 강착 원반(accretion disks)의 가장 깊숙한 부분에 대한 지도를 작성하고 그들의 사건 지평선(event horizons)의 엑스선 그림자 영상을 제작할 것입니다.




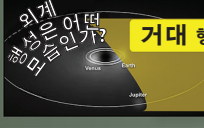

형성의 시기(2020 - 2030)

- Far-IR 서베이어
- 엑스선 서베이어
- 중력파 서베이어
- CMB 편광 서베이어

비전의 시기(2030+)





- 엑스선 매핑
- 중력파 매핑
- 블랙홀 매핑
- 우주의 새벽 매핑

외계 행성 로드맵 과학 연구 주제로는 다른 별들 주위에서 거주 가능한 세계의 징후를 검색하고 이러한 외계 지구 (exoEarths) 표면에 대한 확정된 지도를 획득하는 것을 포함합니다.

	현재	가까운 시기	형성의 시기	비전의 시기
미래 연구		외계 행성 인구에 대한 통계 완성		
		거대 행성 대기의 특성 파악	광범위한 외계 행성의 대기 연구	
		거주 가능성이 있는 행성의 주파수 측정	거주할 수 있는 환경의 신호 검색	외계 지구의 확정된 지도와 스펙트럼 획득


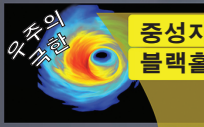

우리는 혼자인가?

우주의 기원 로드맵에는 젊은 행성 환경에서의 물의 이동, 주변 모든 은하계의 통합 역사 지도 작성, 블랙홀 주변의 강착 원반 (accretion disks) 영상 작성 및 우주의 재이온화(reionization) 시기에 대한 정밀 조사와 같은 과학 연구 주제가 포함됩니다.

	현재	가까운 시기	형성의 시기	비전의 시기
미래 연구		가까운 신생 행성군(planetary nurseries) 발견	디스크 구조 및 물의 위치 측정	
		은하계 전체 지도 작성	근처 모든 은하계의 역사 해석	
		최초 블랙홀 발견	초기 블랙홀과 이들의 피드백 특성 파악	블랙홀의 강착 원반(accretion disks) 영상 작성
		최초 블랙홀 영상 작성	최초 별빛의 분광학적 특성 파악	재이온화(reionization) 시기 지도 작성

우리는 어떻게 여기까지 왔나?

우주 물리학 로드맵 과학 연구 주제로는 우주 팽창 역사의 측정, 우주의 탄생에서 발생한 중력파의 직접 탐지 및 블랙홀 사건의 지평선(event horizon)의 엑스선 그림자 영상 작성을 포함합니다.

	현재	가까운 시기	형성의 시기	비전의 시기
미래 연구		암흑 에너지 및 우주 성장의 역사 측정	팽창의 시기 정밀 조사	재이온화(reionization) 단계의 구조 지도 작성
		중성자 별 상태 방정식의 블랙홀 구동 엔진의 이해	중력파를 활용하여 블랙홀 지도 작성	표준 사이렌으로 우주 팽창의 역사 측정
		aLIGO로 탐지한 원천의 영상 작성	블랙홀의 질량 및 회전 측정	블랙홀 사건의 지평선(event horizons) 그림자 영상 작성

우리 우주는 어떻게 작용하는가?

과학 요약 -

	형성의 시기					비전의 시기			
	GW 서베이어	CMB-pol 서베이어	FIR 서베이어	LUVOIR 서베이어	엑스선 서베이어	GW 매퍼	우주의 새벽 매퍼	외계 지구 매퍼	블랙홀 매퍼
행성계의 통계									
외계 세계의 특성 파악									
우리와 가장 근접한 이웃 및 생명 검색									
별과 행성의 기원									
은하계와 이웃들									
은하계의 역사									
우주의 기원 및 운명									
물질 및 에너지의 극한									
공간-시간의 리플 현상									

기본 목표
 2차적 목표

이 도표는 파장, 각해상도 또는 스펙트럼 해상도 및 감도와 같은 다양한 매개변수에 대한 기본 관측 요건을 기준으로 고안된 일련의 이론적 미션 (notional missions) 에서 얻게 될 과학 연구 결과에 대한 예상을 보여줍니다.

테크놀로지 요약 -

	형성의 시기					비전의 시기			
	GW 서베이어	CMB-pol 서베이어	FIR 서베이어	LUVOIR 서베이어	엑스선 서베이어	GW 매퍼	우주의 새벽 매퍼	외계 지구 매퍼	블랙홀 매퍼
편대 비행									
간섭 측정: 정밀 계측법									
엑스선 간섭 측정									
고대비 영상 기술									
광학 기구의 배치 및 조합									
광대역 코팅									
엑스선 광학 기구									
대형 탐지기 배치									
새로운 탐지기 기능									
저온학									

필수 목표
 유용한 목표

이러한 이론적 미션의 목표를 달성하려면 많은 핵심 영역에서 기술적 진보가 필요합니다. 이 도표는 미션을 가능하게 하는 이러한 기술의 개요를 보여줍니다.

지난 50년 동안 우리는 사라지지 않는 인류의 의문에 대한 답을 찾아 놀라운 진보를 이루었습니다. 나사의 천체 물리학은 현재 이와 같은 눈부신 과학 및 기술적 발달을 기반으로 우주와 그 안에 있는 인류의 존재에 대한 이해를 폭발적으로 확대할 역사상 가장 흥분되는 시대를 시작할 준비가 되어 있습니다. 과거에 나사의 투자로 창조된 불꽃이 점화되었던 혁신적 기술이 현재 일상 생활의 모든 면에 침투한 것처럼, 이상의 비전을 달성하는 데 필요한 기술적 진보는 지금부터 한 세기 후 지구 경제를 주도하는 힘이 될 가능성이 큼니다.

나사 천체 물리학의 향후 30년이 우리를 인도할 장소는 우리 자신의 야망과 창조성 및 자연이 현재 지식의 경계를 초월하는 곳에 간직하고 있는 놀라움에 똑같이 달려 있습니다. 아래에 요약한 대담한 비전을 통해서 가능한 전진 경로를 파악할 수 있습니다.

우리는 근처의 별 주위에 있는 수백 개의 행성에서 발산된 빛을 분석하고 생명체에 의해 대기 형성이 이루어졌음을 암시하는 미량 분자가 있는지 검색할 것입니다. 우리는 젊은 별 주변의 가스 및 먼지 디스크 영상을 작성하고 새로 태어난 행성에 의해 이들 내부에 구축되는 구조를 추적할 것입니다. 우리는 지구에서는 피할 수 없는 채터링 현상에서 보호받을 수 있는 달의 저편에 배치된 라디오 안테나로부터 우주의 새벽을 관측할 것입니다. 우리는 수백 개 블랙 홀의 회전을 측정하고 궁극적으로 그 사건의 지평선(event horizons) 영상을 작성할 것입니다. 우리는 수억 킬로미터에 달하는 수신기를 사용하여 중력파가 들려주는 우주의 교향곡을 주의 깊게 들을 것입니다. 그리고 이 모든 것 이상이 우리를 기다리고 있습니다.

연구 주제를 모두 알아보시려면 이곳을 방문해 주십시오.
<http://go.nasa.gov/1gGVkZY>

미지의 장소에서 놀라운 무엇인가가
밝혀질 때를 기다린다.”
- 칼 세이건(Carl Sagan)