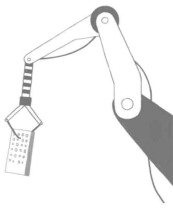
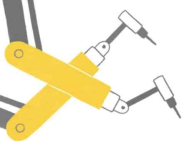


기술동향

지구관측위성

KISTEP 투자기획조정센터 최충현





Contents

 제1장 개요	1
 제2장 기술 동향	4
 제3장 산업 동향	15
 제4장 정책 동향	20
 제5장 R&D 투자 동향	27
 제6장 결론	34



제1장 개요

1.1 작성 배경

☒ 지구관측위성은 국가안보, 기후관측 등에 중요한 역할을 하고 있어 정부 투자가 지속되어 온 우주분야의 핵심기술

- 지구관측위성은 국내외 위험 상황을 조기에 감지하기에 가장 좋은 수단이며, 주요국은 우주 개발 초기부터 정찰기능을 갖는 지구관측위성 확보에 막대한 예산을 투자
 - ※ 미국은 약 10톤 이상 중량의 정찰위성 KH-11(일명 Keyhole)을 현재까지 19기 발사하였고, 중국은 최근 5년간 1톤급(Gaofen) 20기, 3톤급(Yaogan) 67기의 지구관측위성을 발사
- 안보 분야 외에도 국토 관리, 농작물 관리, 기상 관측 등에 다양하게 활용할 수 있어, 국가의 핵심 인프라 중 하나로 자리매김



(a) 국토 관리

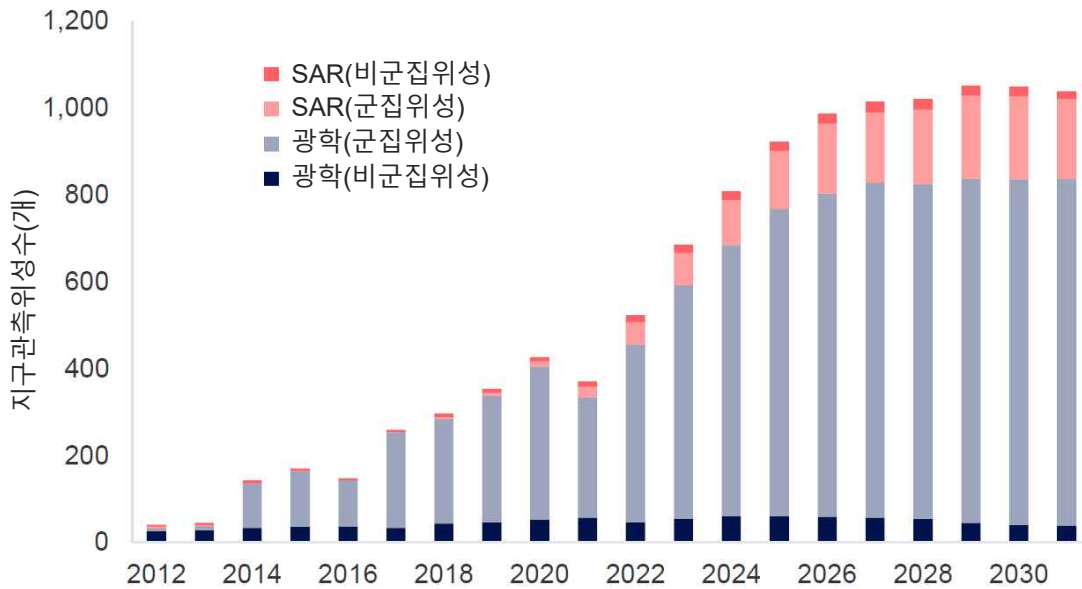
(b) 기상 관측

(c) 농업(토양 수분 측정)

[그림 1] 지구관측 위성이 수집한 데이터의 활용 사례(출처: NASA EarthData 웹사이트)

☒ 최근에는 데이터의 활용 범위가 금융업 등으로 확대되고 있고, 지구관측을 사업 아이템으로 한 스타트업도 증가하여 산업적 중요성도 증대

- 데이터 분석 기술이 발달하면서, 지구관측 데이터를 이용해 경제지표를 도출하고, 농작물 생산량을 예측하고 이를 보험료를 산정에 활용하는 등 새로운 활용 사례가 등장
- 이러한 변화로 인해 정부·민간을 대상으로 한 데이터 판매가 활발히 이루어지면서 지구관측 분야의 사업성이 향상되었고 많은 스타트업이 지구관측 분야에 진입



[그림 2] 광학·SAR 지구관측위성 증가 추이(출처: Euroconsult) ※ 군사위성 제외

- Citi Research의 분석에 따르면 2020년 30억 달러에서 2040년 170억 달러까지 연평균 10.0%씩 성장할 것으로 예상되며, 산업적으로 투자 매력도가 높은 분야로 분류
- * 상용 우주정거장, 우주 여행, 우주 로지스틱스 등 신 우주산업 분야 외 가장 높은 성장률

우리는 지구관측위성 개발에 지속 투자하여 고도화된 개발 역량을 확보하였으며, 2023년 5월 민간기업이 개발한 지구관측위성을 한국형발사체 ‘누리호’를 통해 발사하면서 우주경제 시대 개막

- 우리나라는 1992년 발사한 우리별 1호를 시작으로 정지궤도복합위성, 다목적실용위성 등의 지구관측위성 개발에 현재까지 3조 원 이상을 투자하여 개발 역량을 축적



- | | | |
|---|--|--|
| <p>(a) 다목적실용위성 6호</p> <ul style="list-style-type: none"> • (목적) 지구정밀관측(SAR) • (발사연도) '24년 예정(개발중) | <p>(b) 정지궤도복합위성 2A호</p> <ul style="list-style-type: none"> • (목적) 기상·우주관측 • (발사연도) 2018년 | <p>(c) 정지궤도복합위성 2B호</p> <ul style="list-style-type: none"> • (목적) 해양·환경관측 • (발사연도) 2020년 |
|---|--|--|

[그림 3] 우리나라의 지구관측위성(출처: 한국항공우주연구원 웹사이트)

- 2023년 5월에 진행된 누리호 3차 발사를 통해 발사된 민간기업의 큐브위성 3기 중 2기가 지구관측위성이었으며, 이번 발사를 통해 추후 민간 주도 우주개발의 발판을 마련

동 브리프에서는 우주 핵심 분야 중 하나인 지구관측위성의 국내외 동향을 분석하여 국내 지구관측위성분야 R&D에 대한 시사점을 도출하고자 함

- 동 브리프는 지구관측위성을 위성체 개발 기술, 센서 기술, 데이터 분석 기술로 구분하여 기술 동향을 조사하였고, 특히 광학위성과 SAR위성을 중심으로 현황을 분석
- ※ 지구관측위성의 하나인 신호정보수집위성은 개발하고 있는 국가가 소수에 국한되며, 국내에서 아직까지 구체적인 개발 계획이 부재

1.2 지구관측위성의 정의 및 범위

위성은 목적에 따라 지구관측위성, 통신위성, 항법위성 등으로 분류되며, 그중 지구관측위성은 센서를 이용해 지구를 원격탐사*하여, 지구 관련 데이터를 취득하기 위한 위성

* 원격탐사(remote sensing)는 지구관측위성으로 지구를 탐사(sensing)하는 기술을 의미하며, 지구관측위성을 원격탐사위성(remote sensing satellite)로도 표현

〈표 1〉 지구관측위성의 분류(KAIST 인공위성연구소 자료 재구성)

목적별	탑재센서별	중량별	궤도·고도별
<ul style="list-style-type: none"> • 정찰위성 • 해양관측위성 • 기상관측위성 • 신호정보수집위성 	<ul style="list-style-type: none"> • 광학위성 • SAR위성 	<ul style="list-style-type: none"> • 대형위성(1,000kg~) • 중형위성(500~1,000kg) • 소형위성(100~500kg) • 마이크로위성(10~100kg) • 나노위성(1~10kg) • 피코위성(0.1~1kg) • 펨토위성(~100g) 	<ul style="list-style-type: none"> • 정지궤도위성(35,786km) • 중궤도위성(2,000~35,786km) • 저궤도위성(400~2,000km) • 초저궤도위성(~400km)

※ 중량·궤도별 분류는 지구관측위성에 한정되지 않고 모든 위성에 해당하며, 기관별로 기준치 상이

- 지구 데이터를 취득하는 지구관측위성은 탑재 센서에 따라 광학 위성, SAR* 위성 등으로 구분되고, 목적에 따라 정찰위성, 해양관측위성, 기상관측위성, 신호정보수집위성** 등으로 구분
- * Synthetic Aperture Radar, 합성개구레이더(영상레이더) / ** Signal Intelligence(SIGINT)

- 위성은 궤도에 따라 구분되기도 하는데, 궤도가 낮을수록 높은 재방문 주기(높은 관측 빈도)를 확보할 수 있고, 고해상도 관측에 유리하여 대부분의 지구관측위성은 저궤도에 배치

- 기상위성, 해양상황파악위성 등 자국의 영역을 집중적으로 촬영하기 위한 위성은 한 지역의 상공에 위치가 고정되는 정지궤도를 사용하고, 정찰위성과 같이 지구 전역을 촬영해야 하는 경우 저궤도 중에서도 태양동기궤도*를 주로 사용

* 위성 궤도면과 태양이 동일한 각도를 유지되는 궤도로, 같은 위도를 같은 시간에 방문할 수 있고 배양 빛을 받는 조건이 일정하여 태양전지판을 이용한 전력생성이 안정적

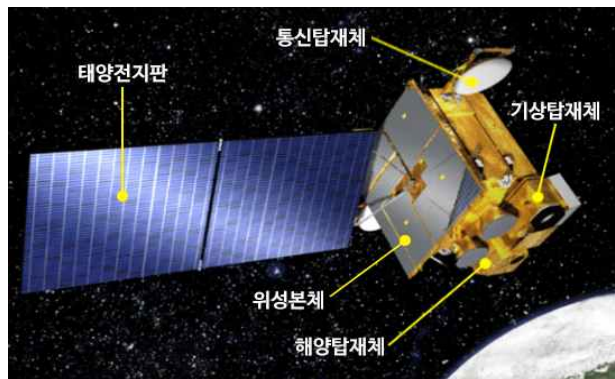
제2장 기술 동향

2.1 지구관측위성의 구성 및 운영체계

☞ 지구관측위성은 지구관측을 위한 센서와 위성 자체를 유지하기 위한 본체로 구성

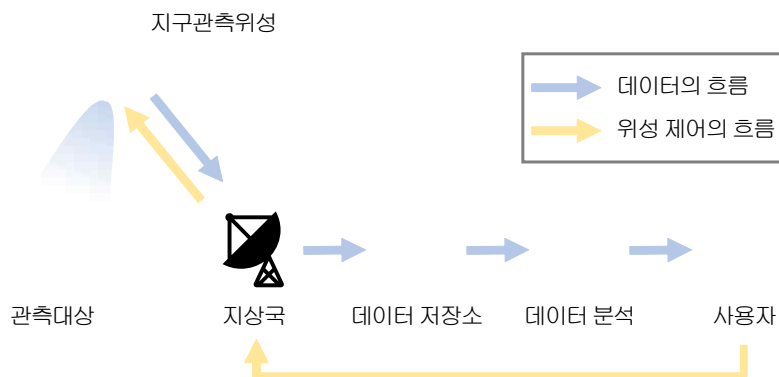
- 위성은 임무를 수행하는 탑재체와 위성 자체를 유지하기 위한 본체로 구분되며, 지구관측 위성의 경우 지구관측을 위한 센서가 탑재체에 해당

※ 본체는 태양전지판, 배터리, 컴퓨터, 열제어기, 자세제어기, 송수신기 등으로 구성



[그림 4] 다양한 탑재체를 탑재한 천리안위성의 구성

☞ 사용자는 지상국을 통해 지구관측위성을 제어하여 원하는 장소를 촬영하고, 이를 통해 얻은 데이터는 다시 지상국을 통해 사용자에게 전달



[그림 5] 지구관측 데이터의 운영체계 간이도

2.2 지구관측위성 개발 동향

☞ 국내외 정부는 오랜 기간 지구관측위성 개발에 투자해 고도화된 지구관측위성 개발·운용 기술을 확보하였고, 위성을 통해 수집한 데이터를 축적

- 미국을 비롯한 우주 선진국은 지구관측위성 개발 프로그램을 장기간 운영하며 기술수준을 고도화하여, 현재는 수십cm 이하의 공간해상도를 갖는 광학위성과 SAR위성을 보유
 - 특히 미국은 가장 높은 기술력을 보유하고 있으며 대표적인 광학 정찰위성인 KH-11(일명 키홀) 위성의 최신 모델 KH-11 Block-V는 10cm 이하의 공간해상도를 갖는 것으로 추정
 - 탑재되는 센서와 관측 주기에 따라 확보할 수 있는 정보가 상이하기 때문에 다양한 위성을 다수 개발하여 운용
- 미국, 유럽 등은 장기간의 지구관측위성 운영을 통해 축적한 방대한 데이터를 효율적으로 축적·공유하기 위한 플랫폼*을 운용

* (미국) NOAA의 빅데이터 프로그램, NASA의 Earthdata (EU) 코페르니쿠스 서비스 등

〈표 2〉 국가별 정부 운용 지구관측위성 대표 사례

국가	분류	
	광학위성	SAR위성
미국	<ul style="list-style-type: none"> • Landsat 시리즈 • NOAA 시리즈 • KH-11 시리즈 	<ul style="list-style-type: none"> • Topaz 시리즈
중국	<ul style="list-style-type: none"> • Yaogan 30, 32, 34 등 • Gaofen 3, 12 	<ul style="list-style-type: none"> • Yaogan 23, 29, 33 등 • Gaofen 8, 9, 11 등
EU	<ul style="list-style-type: none"> • Sentinel 2, 3 시리즈 	<ul style="list-style-type: none"> • Sentinel 1 시리즈
독일	<ul style="list-style-type: none"> • EnMAP 	<ul style="list-style-type: none"> • TerraSAR-X & Tandem-X • SARah 시리즈
프랑스	<ul style="list-style-type: none"> • CSO 시리즈 • Pléiades-Neo 시리즈 	-
러시아	<ul style="list-style-type: none"> • Meteor-M 시리즈 • Bars-M 시리즈 • Resurs-P 시리즈 	<ul style="list-style-type: none"> • Kondor-FKA 시리즈
일본	<ul style="list-style-type: none"> • ALOS-3 • IGS-Optical 시리즈 	<ul style="list-style-type: none"> • ALOS-1, 2 • IGS-Radar 시리즈
한국	<ul style="list-style-type: none"> • 다목적실용위성 3A • 정지궤도복합위성 시리즈 • 차세대중형위성 시리즈 	<ul style="list-style-type: none"> • 다목적실용위성 5

- 우리나라도 다목적실용위성 시리즈 등을 개발하면서 고성능 위성을 직접 개발하고 있으며, 현재도 지구관측위성 개발을 지속하고 있어 개발 역량은 더욱 향상될 전망

- 수년 내 발사될 다목적실용위성 6호·7호, 군정찰위성 등의 발사가 완료될 경우 고해상도·고빈도 지구관측 역량을 보유한 소수 국가 대열에 진입

민간 기업에서는 수익성 향상을 위해 소형화된 다수의 위성으로 구성된 군집 위성(Constellation)을 개발·운용하며, 확보한 데이터를 정부·민간에 판매

- Lockheed Martine, Airbus 등 각국의 우주개발을 초기부터 참여해온 기업은 대형위성 위주로 개발해왔으며, 현재도 정부의 대형위성의 개발을 수주하여 개발 진행
- 최근에는 위성 기술이 고도화 됨에 따라 소형위성을 수십 대 운영하여 저비용으로 고해상도·고방문빈도를 구현하는 스타트업 사례가 급증

〈표 3〉 2013년~2022년 소형위성 발사 통계(출처: Bryce Tech)

구분	운영 기관(국가)	위성 수	목적
민간기업	Space X(미국)	3,570기	통신
민간기업	Planet Labs(미국)	529기	지구관측(광학)
민간기업	OneWeb(영국)	504기	통신
민간기업	Swarm Technologies(미국)	173기	통신
민간기업	Spire Global(미국)	151기	지구관측(신호)
정부	Department of Defense(미국)	94기	지구관측 등
민간기업	CGSTL(중국)	87기	지구관측(광학)
정부	NASA(미국)	67기	지구관측 등
정부	인민해방군(중국)	40기	지구관측 등
민간기업	Satelloic(아르헨티나)	34기	지구관측(광학)
정부	Ministry of Defence(러시아)	24기	지구관측 등
대학	Kyushu Institute of Technology(일본)	21기	교육 등
정부연구소	Los Alamos National Laboratory(미국)	21기	기술검증 등

※ 20기 미만 운영 기관은 생략, 음영은 지구관측위성을 운영하는 기관

- 2013~2022년 동안 발사된 소형위성의 대부분은 통신 또는 지구관측을 사업 모델로 하는 민간기업이 운영하는 위성이 차지
 - ※ 2013년부터 2022년까지 발사된 6,893기의 600kg 이하 소형위성 중 민간기업 소속 위성은 5,675기로 82.3%를 차지하며, 지구관측 목적의 위성은 800기 이상¹⁾
- 미국의 기업 Planet Labs는 3m 공간해상도의 초소형 광학위성 180기와 50cm 공간해상도의 소형 광학위성 20여 기를 운영하고 있으며, 핀란드의 기업 ICEYE는 중량 100kg 이하의 소형 SAR위성*을 20기 이상 발사
 - * 해상도는 위성 버전에 따라 상이하나 최대 해상도는 25cm
- Maxar는 해상도 30cm급 영상을 판매하고 있으며, 스타트업 Albedo는 10cm급 영상의 판매에 대한 면허를 획득했으며 2024년부터 2027년까지 24개 위성을 발사할 예정


1) Bryce Tech(2023), Smallsats by the Numbers 2023

- 더욱 공간해상도를 높이고, 위성 개발 비용을 절감하기 위해 고도 300km 이하의 초저궤도를 이용하는 지구관측위성의 개발 사례도 민간을 중심으로 증가하는 추세²⁾
 - 위성의 고도가 낮을수록 광학위성은 고해상도 영상을 촬영하기 유리하고 SAR 위성은 센서가 방사해야 하는 전자기파 세기를 낮출 수 있어 전력 소모가 감소하여 소형화가 가능
 - 또한 초저궤도 위성의 짧은 기대 수명, 초저궤도에서의 낮은 우주방사선량을 고려하여 비교적 저가 부품 사용 가능
 - Albedo, EOI Space, 등이 10~50cm 급 해상도를 갖는 초저궤도 위성을 개발 중
- 민간 지구관측위성이 수집한 데이터의 유용성이 증가함에 따라, 정부가 직접 위성을 개발하지 않고 민간이 수집한 데이터를 구입하여 활용하는 사례가 증가

〈 위성영상의 공간해상도 〉

- 물체를 얼마나 자세하게 관측할 수 있는지를 나타내는 공간해상도(Spatial Resolution)는 GSD(Ground Sampling Distance, 지상표본거리), GRD(Ground Resolved Distance, 지상식별해상도) 등 여러 기준이 존재하나, 일반적으로 GSD를 사용하여 정의
- GSD 기준 “공간해상도 1m”의 의미는 위성영상의 인접한 두 픽셀 간의 거리가 지상의 1m에 해당함을 의미하며, 길이가 1m인 물체를 식별하기 위해서는, 대략 30~50cm 수준의 GSD를 갖는 영상이 필요

2.3 지구관측 센서 개발 동향

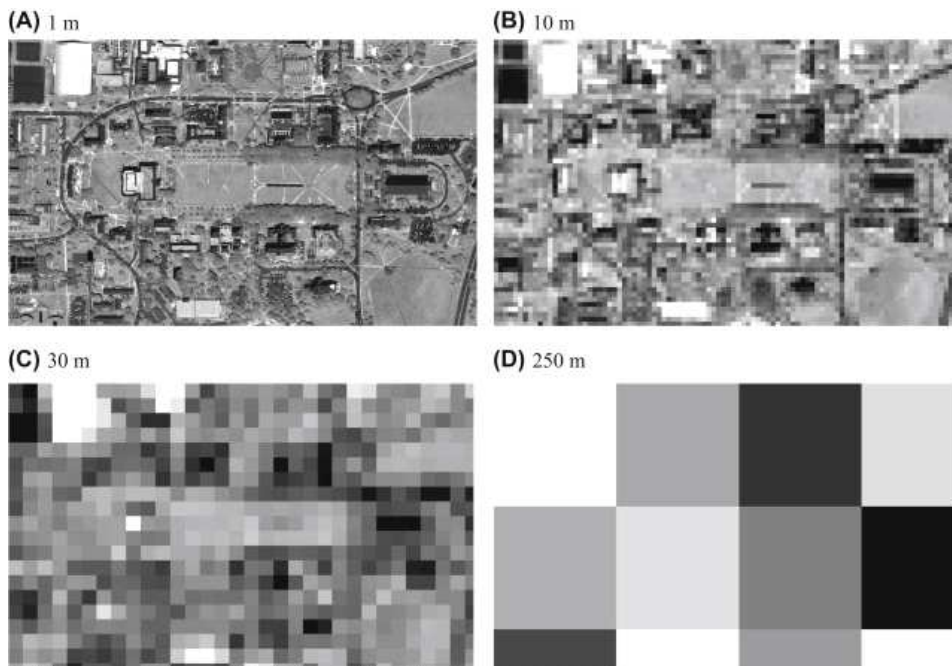
 지구관측 센서는 지구가 방사 또는 반사하는 전자기파를 감지하는 장비로 지구 관측위성의 핵심 장비

- 지구관측을 위한 센서는 전자기파 취득 방법에 따라 수동 센서*(Passive sensor)와 능동 센서**(Active sensor)로 분류
 - * 지구가 자연적으로 방출하거나 태양이 방출하고 지구가 반사한 전자기파를 취득(예: EO 센서, IR 센서, UV 센서 등)
 - ** 센서가 직접 전자기파를 지구에 방출한 후 지구로부터 반사되어 돌아오는 전자기파를 취득(예: SAR 센서 등)
- 관측하는 전자기파 주파수 대역에 따라 파악가능한 지구 정보가 상이하여, 지표 관측, 해양 관측, 기상 관측 등의 목적에 맞는 대역용 센서를 사용

2) 박강민(2023), 획기적 가성비 추구하는 초저궤도 광학 감시정찰 위성, SPREC 글로벌 이슈 리포트 9월호

수동·능동 센서와 관련하여 해상도 향상, 취득하는 전자기파의 광대역화·다중화, 센서의 소형·경량화 등의 연구가 공통적으로 진행 중

- 데이터를 정밀하게 취득함으로써 지구관측 데이터의 해상도를 향상시키거나, 취득하는 정보를 다양화할 수 있도록 전자기파 대역을 넓히거나 세분화하여 취득하는 분광 다중화하는 연구가 진행 중
- 지구관측 센서 탑재체의 중량과 형태는 위성체의 총중량과 형상에 큰 영향을 주기 때문에 센서의 소형·경량화 연구는 오랫동안 연구자들의 주요 관심사 중 하나였으며, 최근 소형위성 개발이 확대되면서 중요성이 더욱 증가




[그림 6] 공간해상도에 따른 매릴랜드 대학 칼리지 파크 위성영상 비교³⁾

우리나라는 지구관측위성을 다수 개발하면서 체계개발 역량은 상당히 고도화 되었으나, 아직까지 센서 개발에 필요한 핵심 부품의 해외 의존도는 높은 상황

- 대형 지구관측위성을 직접 개발하는 높은 수준의 위성 개발 역량에도 불구하고 아직까지 센서기술은 부족
 - 광학 센서는 국내에서 개발이 가능하나 대구경의 주반사경 등은 해외에서 도입하고 있으며, SAR 센서는 항공기용으로는 개발 경험이 있으나 실용 위성급 개발 경험은 제한적

3) Shunlin Liang, Jindi Wang(2020), Advanced Remote Sensing

2.3.1 수동 센서 기술 동향


 지구가 자연적으로 방출하거나 태양이 방출하고 지구가 반사한 전자기파를 수집하는 센서로 ‘광학센서’라고도 불리며, EO(전자광학) 센서, IR(적외선) 센서, 다중 분광 및 초분광 센서가 이에 해당

- 수동 센서는 수집하는 전자기파 대역에 따라 EO 센서, IR 센서, UV 센서 등으로 분류되며, 분광* 여부에 따라 팬크로매틱(Panchromatic) 센서, 다중 분광 센서, 초분광 센서로 분류

* 전자기파를 대역별로 분리하여 수집하는 기술

※ 전자기파를 한번에 받아들이는 팬크로매틱 센서는 흑백 영상만을 생성할 수 있고 컬러 이미지를 얻기 위해서는 분광이 필요

- 가장 대표적인 센서인 EO 센서는 가시광선~근적외선 대역을 촬영하여 일반적인 카메라와 유사한 영상을 획득할 수 있고, IR, UV 등 활용되는 전자기파 대역에 따라 투과력, 회절성 등이 상이하여 각기 다른 물리량을 측정 가능
- 다중 분광(Multispectral) 센서는 보통 3~10개의 대역으로, 초분광(Hyperspectral) 센서는 수십에서 수천 개의 대역으로 나누어 각 대역마다의 전자기파 세기를 측정

 수동 센서의 공간해상도를 높이기 위한 대(大)구경화와 적응광학, 다양한 데이터를 취득하기 위한 분광 다중화가 병행되어 진행 중

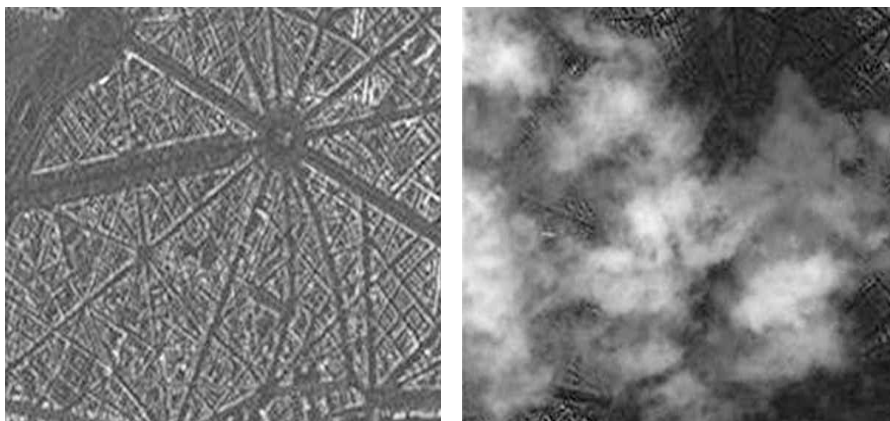
- (대구경화) 전자기파의 파장이 동일한 경우 해상도는 반사경 구경 크기에 비례하므로 센서의 해상도를 높이기 위해서는 대구경화가 불가피하며, 대구경 반사경 구현을 위한 소재·가공 기술 연구가 진행 중
 - 우주의 무중력·열적 환경에서 주반사경의 형상 오차를 줄이고 선명한 상을 촬영하기 위해 고강성, 고연마성, 저열팽창, 경량 등의 특성을 갖는 Zerodur, SiC 등의 반사경용 소재 및 이를 이용한 반사경 가공 연구가 진행 중
- (적응광학) 반사경의 형상 오차, 대기에 의한 왜곡 등 측정 시 발생하는 파면 오차를 변형 거울(Deformable mirror)로 보상하여 해상도를 높이는 기술로, 광학 센서 고해상화의 핵심 기술로서 주요국은 이미 높은 기술 수준을 확보한 것으로 추정되나, 국내 기술 수준은 높지 않음

2.3.2 능동 센서 기술 동향

직접 전자기파를 지구에 방출한 후 지구로부터 반사되어 돌아오는 전자기파를 취득하는 센서로, SAR*가 대표적인 능동 센서

* Synthetic Aperture Radar(합성개구레이더), 위성·항공기 등의 이동체에 탑재하여 연속적으로 전자기파를 송·수신하면서 얻은 데이터를 합성하여 가상적으로 큰 안테나(Synthetic Aperture)로 촬영한 것과 같은 영상을 얻는 센서로, 국내에서는 ‘영상 레이더’라고도 불림

- SAR 센서는 비·구름을 관통할 수 있는 X, C, L밴드 등을 사용하여 기상상황과 관계없이 전천후 지구 관측이 가능한 장점이 있어 1990년대부터 미국·유럽을 중심으로 개발이 증가⁴⁾
 - 사용하는 전자기파의 대역과 편파에 따라 지표의 응답이 바뀌어 다양한 데이터를 얻을 수 있고, 수동 센서로는 얻을 수 없는 위상정보까지 확보 가능
 - ※ 표적과 센서 간의 거리 정보로, 이를 이용해 표적 위치 변화 탐지가 가능
- SAR 센서는 안테나의 타입에 따라 반사경형(Reflector) SAR와, 위상배열(Phased Array)형 SAR로 분류⁵⁾
 - 반사경형 SAR는 소형화에는 유리하나 영상 획득을 위해서는 기계적인 빔 지향 또는 위성의 민첩한 자세 기동이 필요
 - 위상배열형 SAR는 전자적인 빔 조향을 위해 다수의 송수신 모듈이 필요하여 크기가 커지고 시스템이 복잡해지는 단점이 있으나, 빔 조향 특성이 우수하고 위성의 자세 기동도 단순하여 위성 운영에 유리



[그림 7] SAR위성 영상(좌)과 EO위성 영상(우)의 비교⁶⁾

4) 원영진 외(2020), 최신 영상 레이더 위성 기술 및 개발 동향, 항공우주산업기술동향 18권 2호

5) 고웅대 외(2021), SAR(Synthetic Aperture Radar) 위성 개발현황 및 향후 HRWS(High Resolution Wide Swath) SAR 위성 개발전략, 우주기술과 응용

6) 한화시스템 웹사이트(<https://www.hanwhasystems.com/kr/business/defense/space/sar.do>, 2023.09.18 확인)

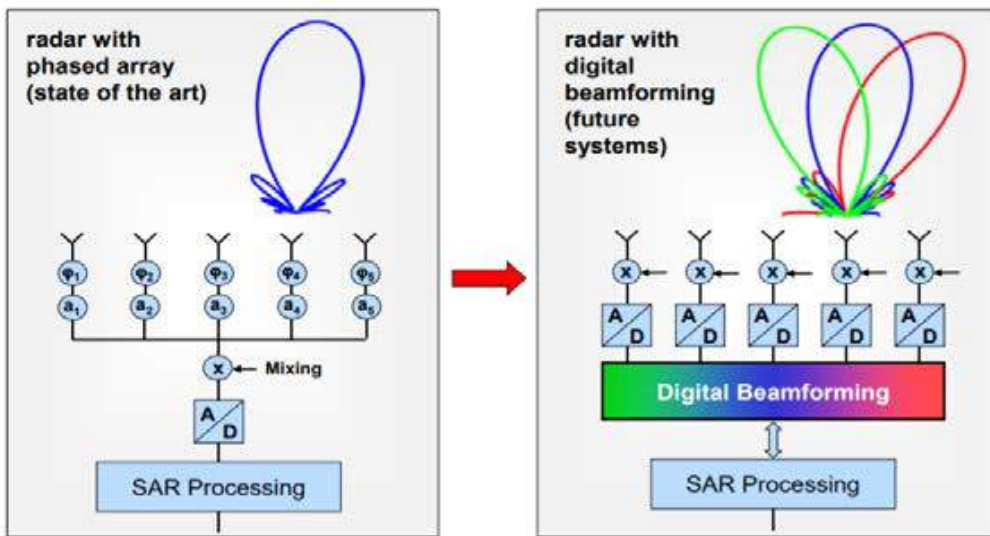
- 이 외에도 레이더 고도계·산관계, LiDAR, 등의 능동 센서가 연구되고 있고 SAR와 함께 위성에 탑재되어 운용되기도 하나, SAR에 대한 연구가 압도적으로 다수

☞ 고해상도와 넓은 관측폭을 동시에 갖기 어려운 SAR의 기술적 한계를 극복하고 HRWS*를 구현하기 위한 DBF**, MIMO*** 등의 연구 활발³⁾

- * High Resolution Wide Swath, 고해상도 광역 관측
- ** Digital Beam Forming, 디지털 빔 포밍
- *** Multiple-Input Multiple-Output, 다중 입력 다중 출력

- (DBF) 전자적으로 빔을 형성하는 기술로, HRWS 구현에 필요한 핵심 기술로 평가되나 아직 위성에서 구현된 사례는 없고 항공기를 통해 연구 진행 중

※ DBF는 보통 AESA(Active Electronically Scanned Array) 레이더 기술로 구현되는데, AESA 레이더는 독립적으로 송수신 가능한 다수의 송수신 요소로 구성되며, 요소별로 전파의 위상과 이득을 제어하여 빔을 더욱 자유롭게 제어 가능



[그림 8] 아날로그 빔 형성(좌)과 디지털 빔 형성(우)의 비교⁵⁾

- (MIMO) 복수의 분리된 송·수신기로 SAR 체계를 구성하는 기술로, 송신단과 수신단이 분리되고 수가 늘어날수록 관측 대상의 정보를 여러 각도에서 획득할 수 있고 관측폭도 증가하는 등 장점이 많아, 이를 우주에서 구현하기 위한 연구가 진행 중

※ 하나의 안테나가 송·수신을 겸하는 것을 모노스태틱(Monostatic) SAR, 송·수신이 분리되어 있는 것을 바이스태틱(Bistatic) SAR, 분리된 복수의 송·수신기로 구성된 것을 MIMO SAR라고 함

- MIMO SAR는 여러 위성에 탑재된 SAR 센서가 방출한 전파가 되돌아오는 것을 다시 여러 위성으로 수신함으로써 구현하는 것이 가능하며, 이를 구현하기 위한 구체적인 방안이 제안되는 상황



[그림 9] MIMO SAR 위성군 구성 예시⁷⁾

- 바이스테틱 SAR의 경우 독일의 위성 ‘TerraSAR-X’와 ‘TanDEM-X’의 편대 비행을 통해 구현된 바 있으며, TerraSAR-X와 TanDEM-X는 보통 250~500m 거리를 두고 함께 이동하고 한 위성이 송신하고 두 위성이 함께 수신하는 방식으로 운영
- 이외에도 SAR를 이용해 동영상을 획득하는 기술과 InSAR*를 이용해 3차원 정보를 획득하고 3D 영상화하는 기술도 많은 주목을 받으며 연구가 진행 중⁴⁾
 - * Interferogram SAR(간섭 SAR), 두 SAR 영상의 위상차 정보를 활용하여 단일 SAR 영상에서 얻지 못하는 관측 대상 고도 등의 정보를 얻을 수 있는 기술
 - ※ SAR 센서는 데이터 합성을 통해 영상을 구현하는 원리를 이용하기 때문에 한 장의 영상을 촬영하기 위해서는 데이터 축적 및 처리가 필요하여 비디오 영상을 구현하기 어려움⁸⁾

7) Wan Jie 외(2018), Research Outline of Airborne MIMO-SAR System with Same Time-frequency Coverage, Journal of Radars Vol. 7 No. 2

8) 윤상호 외(2021) 비디오 SAR의 기술동향, 국방과학기술플러스 252호

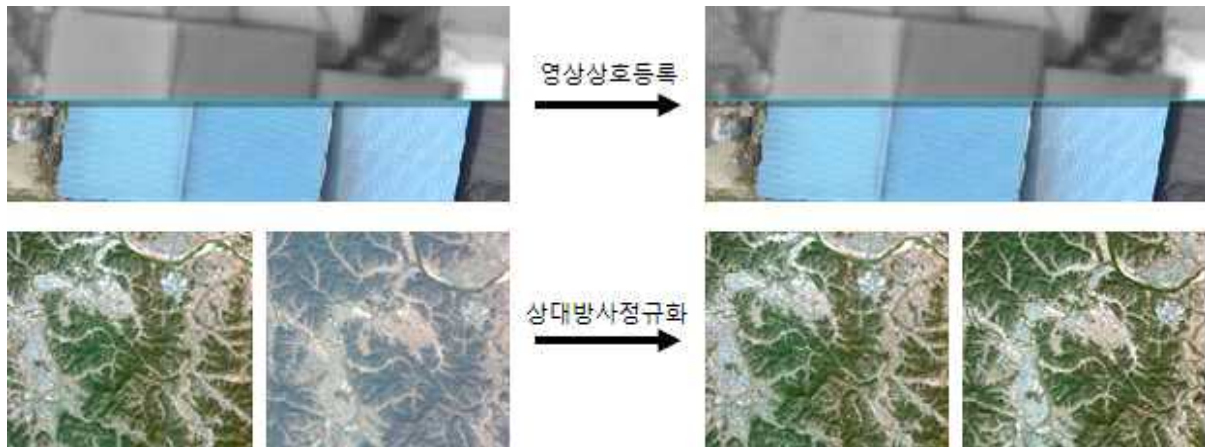
2.4 지구관측 데이터 분석 기술

☞ 지구관측 데이터를 가공·분석하고 다른 데이터와 융합하여, 단순 영상에서 확인할 수 없는 정보를 도출함으로써 데이터의 부가가치를 높이는 기술

- 지구관측 데이터 분석 기술을 사용할 경우, 영상을 통해 지형을 확인하는 것뿐만 아니라 토양 특성 측정, 작물 생산량 예측 등 추가적인 지표 정보 획득 및 변화 예측이 가능⁹⁾하며, 경제 지표와의 융합을 통해 경제상황 예측¹⁰⁾도 가능

☞ 위성 센서의 다양화와 AI·빅데이터의 발달로 분석이 고속·정밀화되고 있고, 분석을 통해 얻을 수 있는 정보가 다양화

- (상대보정) 센서의 종류 및 촬영 시기가 다른 영상을 함께 활용하기 통해 영상 간의 위치·특성을 맞춰주는 상대보정이 필요하며, 위성 영상 활용을 위한 가장 기초적인 작업이나, 정확도 향상 등을 위해 지속적으로 연구되는 분야

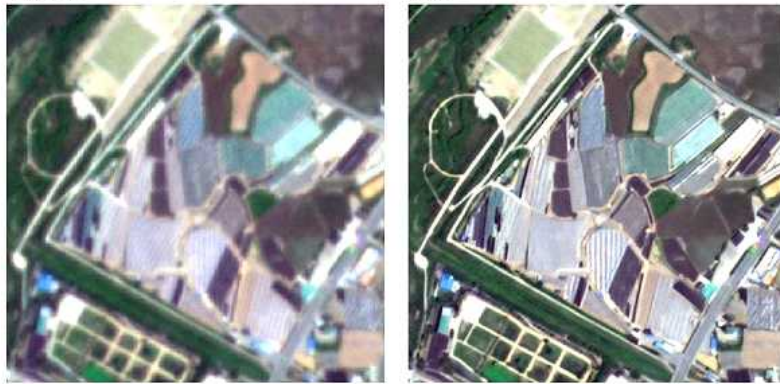


[그림 10] 위성영상 상대보정 전·후(출처: 제2차 위성정보 활용 종합계획)

- (AI) 지구관측위성이 촬영한 영상의 공간해상도를 높이는 업스케일링 기술(Upscaling)과 자동으로 지상의 객체를 인식하는 개체 탐지 기술은 과거부터 연구되어 왔으나 최근에는 AI가 적용되면서 분석 품질과 속도가 빠르게 향상

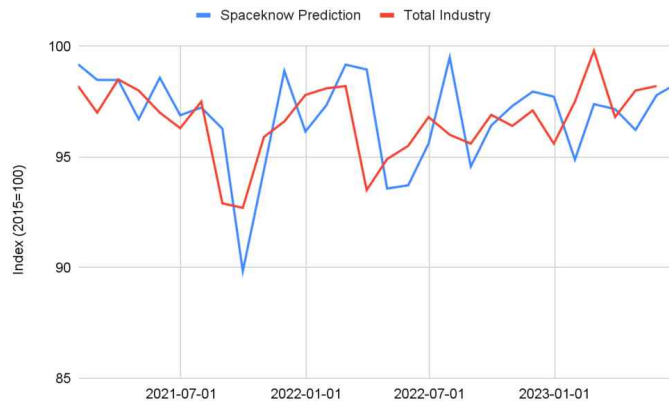
9) 강희종(2022), 지구관측 분야별 위성정보 활용 연구동향 및 시사점, SPREC Insight

10) SpaceKnow 블로그(<https://spaceknow.com/blog>, 2023. 09. 21 확인)

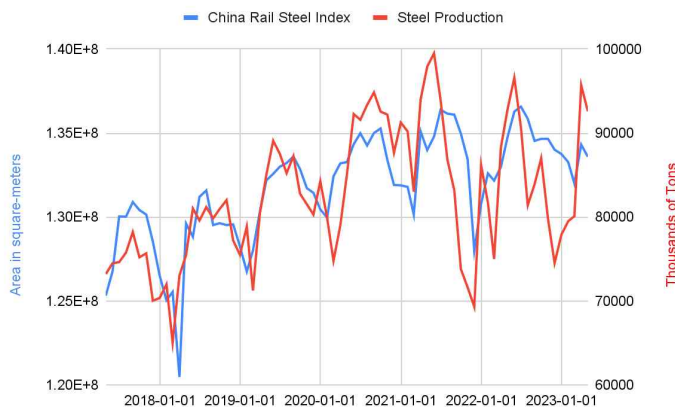


[그림 11] 위성 영상 업스케일링 기술 적용 전·후(출처:SIA)

- (데이터 융합) 지구관측위성에 탑재되는 센서의 다양화, 위성 데이터가 축적, 기후정보·지리 정보·경제지표 등 지구관측 외 데이터와의 융합 등으로 인해 계속해서 새로운 정보를 생성해내고 있으며, 활용처도 다양해지는 추세
 - 방대해진 지구관측 데이터는 클라우드 서비스를 통해서 효율적으로 저장·관리하고 시를 통해 분석함으로써, 분석 속도와 정밀도가 향상



(a) 독일 총 산업 생산량



(b) 중국 철강 생산량

[그림 12] 지구관측 데이터 분석을 통한 예측(파랑)과 실제(빨강)(출처: SpaceKnow)

제3장 산업 동향

3.1 글로벌 산업 동향

☞ 해외 유력 금융기관들은 현재 3억 달러 수준인 지구관측산업 규모가 2040년까지 연평균 10% 이상의 높은 성장률을 보이며 성장할 것으로 전망하고 있으며, 이는 우주산업 분야에서도 높은 수치

- Citi Research는 2020~2040년 동안 연평균 10.0%, Morgan Stanley¹¹⁾는 2017~2040년 동안 연평균 11.5% 성장을 예상하는 등 복수 기관에서 지구관측산업을 긍정적으로 전망

- 특히 Citi Research는 기존 우주산업* 중 지구관측산업을 가장 높은 성장률을 예상하였으며, Morgan Stanley는 상용 광대역통신 다음으로 높은 성장률을 예상

* 지구관측, 위성 방송 서비스, 위성 통신 서비스, 위성 항법 서비스 등

※ 이에 Citi Research는 지구관측산업을 투자 매력도가 높은 분야로 분류

☞ 미래에도 현재와 같이 정부가 지구관측 데이터의 주 수요자 역할을 할 것으로 예상되나, 저비용 서비스가 증가할 경우 민간 기업의 수요도 증가할 전망¹²⁾

- 지구관측 데이터의 높은 가격대와 활용 분야의 특수성으로 인해 각국의 국방부 등 정부기관이 주 수요자이며 2021년 기준 산업의 73.1%를 정부와의 거래(B2G)가 차지

- 소형 군집위성을 이용해 저비용으로 지구관측 데이터를 수집하는 기업이 증가하고 활용 분야가 다양해지면 민간 기업의 활용도 증가할 것으로 예상되며, 이에 따라 2031년에는 B2G가 차지하는 비율이 64.0%까지 하락할 전망

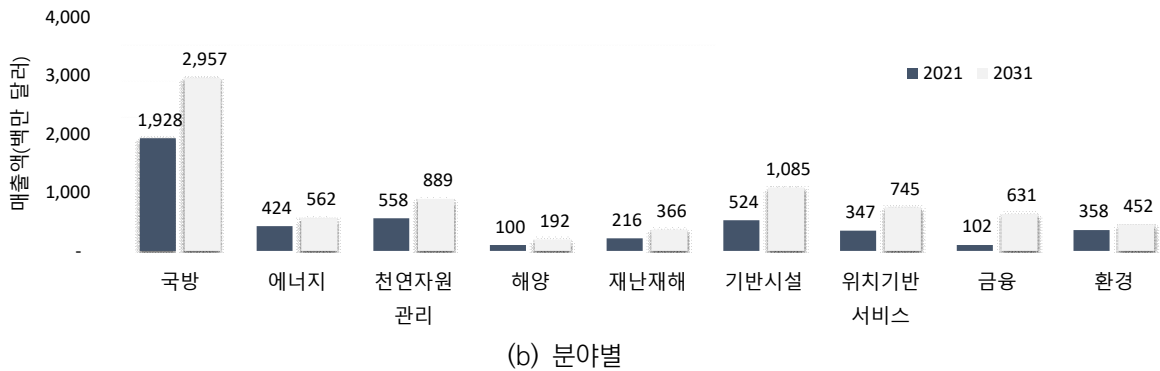
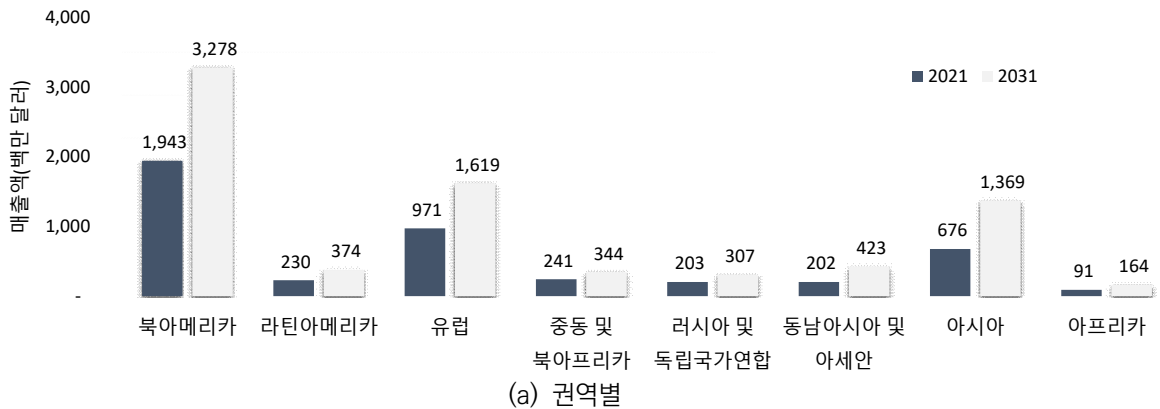
☞ 우주 전문 컨설팅 업체 Euroconsult¹²⁾는 2030년까지 권역으로는 아시아에서, 분야로는 금융에서 가장 높은 성장률을 보일 것으로 예상

※ 단, Euroconsult는 2021~2031년 동안 연평균 5.6%를 전망하여 타 기관보다는 낮은 성장률 예상치를 제시

11) Morgan Stanley(2020), Space: Investing in the Final Frontier

12) Euroconsult(2022), Earth Observation Data & Services Market


- 지구관측관련 산업 규모는 2021년 45억 달러에서 2031년 79억 달러로 증가가 예상되며, 1차 데이터 산업(18억 달러→27억 달러, 연평균 4.3% 증)보다 추가적인 데이터 분석을 통해 얻어진 2차 데이터 산업(28억 달러→52억 달러, 연평균 6.4% 증)이 더 빠르게 확대 예상
- 현재 지구관측위성 산업 규모가 가장 큰 곳은 북아메리카 지역이며 2031년에도 가장 큰 사업규모를 유지할 것으로 전망되는 한편, 성장률은 아시아가 가장 높을 것으로 예상




[그림 13] 지구관측위성의 권역별·분야별 산업규모 전망치(출처: Euroconsult)

- 지구관측 데이터는 국방에서 가장 많이 활용되며 이러한 경향은 2031년까지도 유지될 것으로 전망되고 있으며, 현재는 산업규모가 미미한 금융분야에서 가장 높은 성장률을 보일 것으로 전망
 - 지구관측으로 얻어진 1차 데이터는 국방 69.3%, 천연자원관리 7.8%, 기반시설 6.9% 순으로 활용되고 있어 국방 분야에서의 활용이 압도적 다수를 차지
 - 이를 분석하여 만든 2차 데이터는 국방 26.4%, 천연자원관리 14.9%, 기반시설 14.5% 순으로 활용이 되고 있어, 국방 이외의 분야에서는 2차 데이터를 비교적 더 많이 활용

3.2 해외 지구관측산업 기업 현황

 그간의 지구관측위성 개발은 정부의 투자에 기반해 정부기관과 각국의 우주 산업 대형 기업이 협력하여 대형위성 위주로 개발


- 미국은 NASA-Lockheed Martin·Boeing, 유럽은 ESA-Airbus·Thales Alenia Space, 일본은 JAXA-Mitsubishi Electric 등 정부연구기관과 민간기업이 협력하여 개발
- 이러한 기업들은 높은 수준의 위성 개발 기술을 보유하였으나, 대형위성을 통한 서비스는 경제성을 확보하기 어려운 탓에 여전히 정부 사업에 의존

 최근에는 소형위성으로 구성된 군집위성으로 지구를 촬영하고 이를 판매하는 스타트업이 다수 등장하였고, 이에 대한 민간 자본의 투자도 증가

- Planet Labs, BlackSky 등의 스타트업은 소형·군집위성으로 취득한 데이터를 판매하고 있으며, 고객의 주문에 응하여 특정 지역을 추가적으로 촬영하는 서비스도 제공
- 특히 SAR위성을 운영하는 ICEYE, Capella Space와 신호정보수집위성을 운영하는 Spire는 많은 국가의 주목을 받고 있음

※ SAR위성과 신호정보수집위성은 광학위성 대비 개발난이도가 높아, 보유 국가가 소수

- 2020~2022년 주식시장 활황으로 다수의 우주 스타트업이 주식시장에 신규 상장되면서, 지구관측위성 운영 및 데이터 판매를 사업모델로 하는 Planet Labs, BlackSky 등이 상장
 - 단, 이 시기에 상장한 대부분의 우주 스타트업은 일반적인 기업공개가 아닌 SPAC*과의 합병을 통한 우회 상장을 하였기 때문에 아직 기업이 충분히 성숙했다 보기는 어려움
- * 기업인수목적회사(SPAC, Special Purpose Acquisition Company)는 해당 SPAC의 주식을 주식 시장에 먼저 상장시킨 후 상장 시 확보한 자금으로 상장 대상이 되는 기업을 인수·합병하여 우회적으로 기업을 상장하기 위한 목적의 페이퍼 컴퍼니

 SpaceKnow, Descartes Labs. 등 위성 영상 분석 전문 기업의 출현으로 영상을 통해 지표를 확인하는 것에 그치지 않고, 농산물 수확량 예측, 경제 변화 예측 등 고차원적 활용 사례가 증가

- 과거에는 영상을 국가기관에서 분석하고 이를 국가 운영에 활용하는 체계가 일반적이었으나, 현재는 위성 데이터 분석 전문 기업이 분석하여 다양한 데이터를 정부·민간에 제공
 - SpaceKnow는 위성 영상을 분석하여 경제 지표를 개발하고 이를 판매하고 있으며, Descartes Labs은 농산품 생산량 예측, 탄소 배출 추적 등의 서비스를 제공

- 지구관측위성 개발 기업은 데이터 분석 시장의 확대를 예상하여 데이터 분석 기술을 내재화하고 수직계열화하기 위해 노력
 - 과거에는 지구관측 영상을 유통하는 것에 그쳤다면, 최근에는 인력 고용, 기업 인수¹³⁾¹⁴⁾ 등을 통해 분석 역량을 내재화하여 직접 데이터를 분석 후 제공

3.3 국내 산업 동향

☞ 우리나라 지구관측산업에 대한 통계는 부재하나, 관련 데이터를 종합적으로 분석할 때 최근 3년간('19~'21) 지구관측산업의 규모는 정체 상황

- 지구관측 위성체 제작 산업 규모 통계는 발표되지 않고 있으나, 국내에서 제작되는 위성의 상당수가 지구관측위성인 점을 고려할 때 최근 5년 기준으로는 규모가 성장했으나, 3년간 지구관측 위성체 제작 산업 규모는 정체¹⁵⁾
 - 단, 정부가 우주개발을 주도하고 있는 국내 상황에서 정부의 관련 투자가 감소한 것에 영향을 받은 것으로 판단됨
 - ※ 우리나라 정부R&D 투자 규모는 2019년 최고액에 도달 후 2021년까지 감소(제5장 참조)
- 지구관측관련 서비스·장비 매출도 최근 5년 기준으로는 규모가 성장했으나 2021년 규모가 급감하여, 두 분야의 증가세를 종합적으로 검토했을 때 지구관측산업은 정체 상황인 것으로 판단됨¹⁵⁾

〈표 4〉 국내 지구관측 관련 활동 금액(출처: 연도별 우주산업실태조사)

(단위: 백만원)

	2017년	2018년	2019년	2020년	2021년	연평균 증가율
위성체 제작	394,930	382,438	571,979	630,352	531,505	7.7%
지구관측관련 서비스·장비*	84,704	102,745	101,658	113,593	110,470	6.9%


※ 기업체의 매출액, 연구기관의 예산액, 대학의 연구비를 모두 합산한 금액
* 우주산업실태조사의 원격탐사 관련 서비스·장비에 해당

13) Businesswire(2021), Planet Completes Acquisition of VanderSat: Set to Deliver Advanced Agriculture Data Products to Customers


14) Businesswire(2023), Planet Completes Acquisition of Sinergise; Set to Expand Planet's Earth Data Platform

15) 과학기술정보통신부·한국연구재단·한국우주기술진흥협회, 연도별 우주산업 실태조사


3.4 국내 지구관측산업 기업 동향

 대형위성은 한국항공우주연구원이, 소형위성은 세트렉아이와 KAIST 인공위성센터가 개발을 주도

- 정부R&D에 의존도가 높은 우리나라 우주 개발의 특성상 정부출연연구소인 한국항공우주연구원과 KAIST 인공위성센터가 개발 사업의 다수를 주관
- 1999년에 우리나라 최초 위성인 우리별 1호의 개발자 중심으로 설립된 세트렉아이는 상업 위성을 개발하고 있으며 UAE, 스페인으로부터 지구관측위성 개발 사업을 수주하며 기술력을 입증

 최근에는 관련 스타트업이 증가하고 방산 중견·대기업도 지구관측위성 분야에서 사업을 확대하고 있으나, 위성 개발은 여전히 기존의 기관·업체가 주도




- 지구관측위성 개발을 사업 모델로 한 나라스페이스, 텔레픽스 등의 스타트업이 생겨나고 있으나, 아직까지 그 수가 많지 않고 가시적 성과도 부족
- 정부의 지구관측위성 개발 사업에서 한국항공우주산업(KAI), LIG넥스원, 한화시스템 등 방산 분야 중견·대기업들의 역할이 확대되고 있고, 한화에어로스페이스가 세트렉아이의 지분을 인수하는 등 우주 산업에 진입하기 위해 다각적으로 노력
- 그러나 기존에 위성 개발을 주관하던 기관·업체와의 기술력·경험의 격차가 있어 민간이 독자적으로 경쟁력있는 지구관측위성을 개발하는 데에는 상당한 시간이 필요할 것으로 예상

 정부의 지구관측 데이터를 유통하던 기업들이 지구관측 데이터 분석으로 사업 영역을 확대하고 스타트업도 등장하면서 데이터 분석 산업이 성장하는 추세

- 세트렉아이는 2014년 SIIA를 설립하여 아리랑 3·5·3A호의 위성 영상을 판매해왔으며, 위성 데이터 분석 기술을 개발하는 SIA를 2018년 설립하여 위성영상 고해상화 기술 등을 개발
- 과거에 아리랑 2호의 영상 판매를 담당하던 한국항공우주산업(KAI)는 2022년 항공영상분석 업체인 메이사의 지분을 인수하고, 위성영상 분석을 위한 메이사 플래닛을 설립
- 항우연 연구자에 의해 2012년에 설립된 위성·항공영상분석 업체인 인스페이스는 2020년 한컴그룹에 인수되어 '한컴인스페이스'가 되었으며, 위성영상분석에 그치지 않고 자체적으로 초소형 지구관측위성 세종-1호를 개발하여 발사('22년 5월)하는 등 활발히 활동
- 영상 변화 실시간 탐지 솔루션을 제공하는 옴니스랩스('19년 설립), 홍수 피해량 예측, 항구 선박량 예측 등을 제공하는 스텔라비전('21년 설립) 등의 스타트업이 등장

제4장 정책 동향

4.1 글로벌 정책 동향

-  미국은 정부 주도 개발보다는 자국 기업 육성으로 정책을 전환하였으며, 그 외 대부분 국가에서는 지구관측위성의 개발이 우주정책에서 높은 우선순위를 차지
 -  (미국) 높은 기술력을 기반해 일찍부터 위성영상 판매를 위한 법적 토대를 마련하여 상업 활동을 지원하였고, 규제도 점차 완화시킴으로써 민간 기업을 육성
 -  2000년대부터 민간 업체로부터 위성 영상을 조달받기 시작하여 관련 민간 기업을 육성¹⁶⁾ 하였으며, 민간이 유통할 수 있는 영상의 해상도 규제도 단계적으로 완화
 - 미 국방부 산하의 NGA*가 2003년 디지털 글로브의 영상을 구매하기 시작하여 NSA**도 민간기업과의 영상 공급 계약을 지속 체결하고 있으며 영상구매 규모도 점차 확대¹⁷⁾
- * National Geospatial-Intelligence Agency / ** National Security Agency

〈 미국의 원격 탐사 면허 제도 〉

- 미국은 1992년 원격 탐사의 상업적 활용을 관리·감독하기 위해 「LRSPA*」을 제정하여 지구관측을 수행하는 민간업체의 면허를 발급¹⁸⁾
 - * Land Remote Sensing Policy Act of 1992, 토지 원격 탐지 정책 법
- 면허 발급의 허가권자는 미국 상무부 장관이며, 세부적인 면허 부여 절차는 상무부 산하 NOAA*의 CRSRA**에서 수행
 - * National Oceanic and Atmospheric Administration, 국립 해양대기청
 - ** Commercial Remote Sensing Regulatory Affairs, 상업 원격 탐지 규제국
- 「LRSPA」는 개정을 통해 현재는 U.S. Code 제51편 「국립 및 상업 우주 프로그램」에 「지상 원격탐사 정책」이라는 표제로 편입

16) Todd Harrison(2022), Commercial Space Remote Sensing and Its Role in National Security, CSIS

17) 김현옥 외(2020), 지구관측 위성활용 데이터정책 국내외 동향, 항공우주산업기술동향, 18권 2호

18) 김영주(2020), 위성원격탐사에 관한 비교법적 고찰, 항공우주정책·법학회지, 35(1)

- NOAA는 2014년 디지털 글로브를 시작으로 상업 위성 영상의 해상도 규제를 완화*19) 하여 면허를 승인해왔고 2021년에는 10cm급 흑백 영상 면허를 스타트업 'Albedo'에 허가20)

* 규제 완화 전까지는 흑백(팬크로메틱) 50cm, 컬러(다중 분광) 2m급 영상을 미국 정부에만 판매할 수 있었으나, 현재는 25cm급 흑백 영상과 1m급 컬러 영상을 제한없이 판매 가능
 ※ 단, NOAA는 Albedo의 해상도 10cm급 영상을 미 국방부 등 한정된 고객에게만 판매하도록 제한

- 트럼프 행정부는 우주 분야에서의 상업 활동을 강조하였고, 이러한 기조에 따라 지구관측 분야에 대해 기술력 향상보다는 산업 확대를 중심으로 정책을 수립
 - 2020년 발표된 미국의 최상위 우주 정책인 「국가 우주 정책(National Space Policy)」에서 지구관측 분야가 높은 우선순위로 다루어지지 않으나 지구관측의 효율성 제고와 상업활동 지원 등을 촉구
 - 2018년 「SPD-2*」를 통해 원격탐사 규정 간소화 등 상업적 우주활동을 강화를 위한 규정 개정을 지시하였으며, 2020년부터 지구관측에 대한 면허 규제를 단계적으로 완화21)
- * Space Policy Directive-2: Streamlining Regulations on Commercial Use of Space

(중국) 최상위 우주개발 계획인 「중국우주백서」에서 지구관측위성의 우선순위가 점차 낮아지고 있으며, 가장 최근 발표된 「2021 중국우주백서」에서는 향후 5년간 목표에 지구관측위성 관련 사항이 미포함

- 가장 최근에 발표된 2021년 우주백서에서는 높은 공간·시간·스펙트럼 해상도를 갖춘 지구 관측 시스템의 구축을 주요 성과로 제시하였으나 향후 5년간의 목표에서 지구관측위성 관련 사항은 이전보다 다소 약화22)
 - ※ 중국은 우주백서를 통해 과거 성과와 향후 5년간의 계획을 제시하고 있으며, 2000년 최초 수립한 이래 2006년, 2011년, 2016년, 2021년 총 5차례 발간
 - 지난 2016년 우주백서에는 향후 5년간 과제로 고해상도 광학위성, L밴드 차등 간섭계 SAR위성, 탄소 모니터링 위성 등 다수의 지구관측위성의 개발을 반영23)
 - 반면 2021년 우주백서에는 향후 5년간 과제로 지구관측위성의 개발은 언급되지 않았고 지구관측 데이터의 활용 확대, 지구관측 분야에서의 국제협력 강화 등을 반영

19) CBC News(2014), Sharper satellite images allowed, as U.S. loosen rules

20) Payload(2021), Albedo Granted NOAA License to Sell 10cm Satellite Imagery

21) Breaking Defense(2023), NOAA eases licensing restrictions on commercial remote sensing


22) 중국 국무원 정보판공실(2022), 중국우주백서(China's Space Program: A 2021 Perspective)

23) 중국 국무원 정보판공실(2016), 중국우주백서(China's Space Activities in 2016)

〈 2021 중국우주백서 內 지구관측위성 관련 최근 성과(요약) 〉

- 고(高) 공간·시간·스펙트럼 해상도를 갖는 지구관측 시스템을 대부분 완성
- 지구관측위성의 지상 시스템을 개선하여 위성 데이터의 수신 및 신속한 처리 서비스 가능
- 프랑스·브라질과·에티오피아와 함께 지구관측위성을 개발했고, 파키스탄·베네수엘라·수단·알제리에 지구관측위성을 인도(판매)

- 단, 중국이 지구관측위성의 중요성을 낮게 평가했다고 보기는 어려우며, 이미 충분히 기술력을 확보하였고 자국 내 기업에서도 활발하게 개발하고 있어 집중적인 개발의 시급성이 낮아진 것으로 추정
- 중국은 지구관측 분야에서 스타트업이 다수 존재함에도 우주 관련 법률이 정비되지 않아 지구관측의 상업화를 위한 법적 준비는 미비²⁴⁾

 (유럽) 지구관측은 EU 우주 프로그램(EU Space Programme)의 3대 미션*에 포함되어 중요하게 다루어지고 있으며, 유럽 안보를 강화하기 위해 새로운 지구관측 정부서비스의 추진을 발표('23.3월)하면서 안보에서의 중요성도 강조

* 지구관측, 항법, 보호·보안 통신

- 유럽 우주 예산의 대부분을 차지하는 유럽 우주 프로그램의 3대 미션 중 하나로 지구관측을 설정하고 지구관측위성을 개발·서비스하는 코페르니쿠스 프로그램을 1998년부터 장기간 운영

- 코페르니쿠스 프로그램은 EU와 EUSPA* 외에도 ESA과 EUMETSAT 등 EU 외 유럽기구가 참여하는 등 EU 내외 여러 기관의 협력을 통해 추진

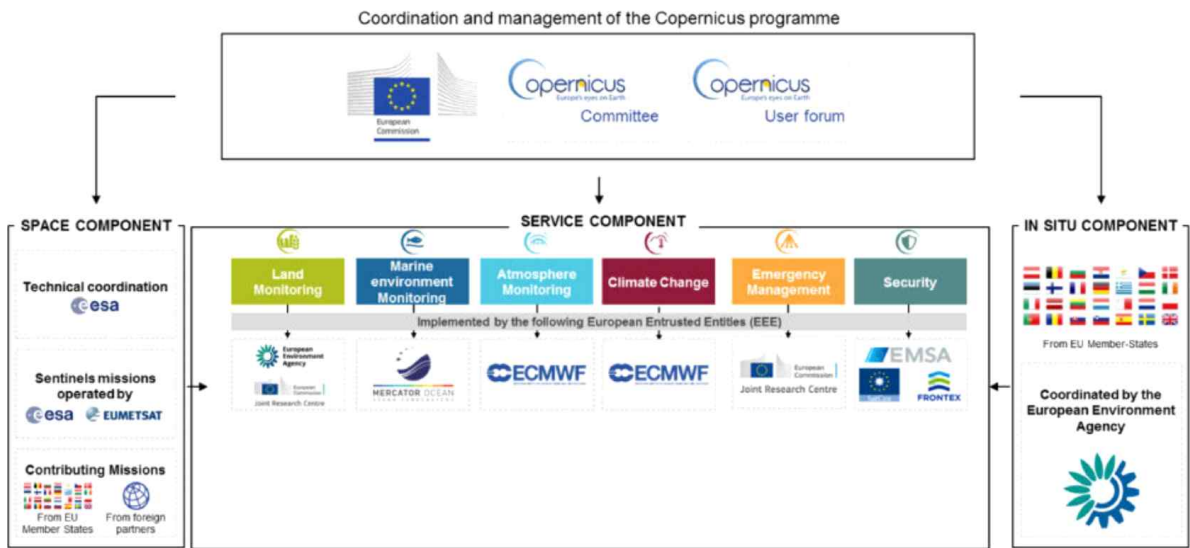
※ ESA(European Space Agency)과 EUMETSAT(European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites)은 EU와 상호 독립적 기관으로 가입국도 상이

* European Union Agency for the Space Programme, EU 우주 프로그램 추진을 위해 2021년 신설된 기관

- 2023년에는 심화되고 있는 위협으로부터 우주를 보호하고 우주를 안보에 활용하기 위해 유럽위원회와 유럽의회는 공동성명문*을 발표하였으며, 이에 따라 코페르니쿠스를 발전시켜 새로운 지구관측 정부서비스를 테스트하는 파일럿 프로그램을 추진할 계획

* 「안보와 국방을 위한 유럽 우주전략 공동 성명문(European Union Space Strategy for Security and Defence)」

24) Xiaopeng Zhang 외(2020), Research on the Policies and Laws of International Civilian Remote Sensing Satellites and Their Problems, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLII-3/W10



[그림 14] 코페르니쿠스 프로그램의 조직도 및 참여기관

- 유럽 내 우주개발 선도국인 프랑스와 독일은 자국의 지구관측산업의 기반을 마련하기 위해 지구관측 관련 면허, 규제 등을 담은 법률을 제정하여 활용

※ 프랑스 「Space Operation Act(’08년 제정)」, 독일 「Satellite Data Security Act(’07년 제정)」

- ☒ (일본) 「우주기본계획」에서 안보와 국토 강인화를 위해 위성에 의한 지구관측 역량의 확보를 강조²⁵⁾하고 있으며, 지구관측 관련 법^{*}을 제정하여 상업 활동을 위한 기준 마련


* 「위성 리모트 센싱 기록의 적정한 취급의 확보에 관한 법률」, 2016년 11월 16일 제정

- 2023년 개정된 「우주기본계획」에서 안보를 위한 핵심 우주 역량으로 ‘광역·고빈도·고정밀 정보수집 태세’를 제시하였으며, 광학위성 4기, 레이더위성 4기, 데이터중계위성을 포함하는 10기 체제 구축을 목표로 제시

※ 일본은 「우주기본법」에 근거하여 향후 10년간의 일본 우주개발 계획을 담은 「우주기본계획」을 수립하며, 2009년 최초 발표한 이래 5차례 개정


- 또한 「우주기본계획」에서 재난·재해의 예방, 국토 강인화, 기후변화 대응 등을 위한 추진 과제의 하나로 지구관측위성의 개발을 추진하며, 기상위성 GMS 시리즈, 온실가스 탐지위성 GOSAT 시리즈, 고해상도 광학위성 ALOS-4의 개발 계획을 반영
- 2016년 빠르게 성장하고 있는 지구관측산업에 대응하기 위하여 「위성 리모트 센싱 기록의 적정한 취급의 확보에 관한 법률」을 제정한 바 있으며, 이 법을 통해 지구관측과 관련된 기준·면허제도·규제사항 등을 제시

25) 일본 우주개발전략본부(2023), 우주기본계획(The Basic Plan on Space Policy)

 (러시아) 1993년 제정된 「우주활동에 관한 연방법」 제5663-1호를 통해 민간 우주항공 분야로 지구원격탐사를 지정하였고, 러시아 우주활동과 러시아 우주 연방 프로그램에 따라 지구관측위성을 개발

- 1993년 제정된 「우주활동에 관한 연방법」 제5663-1호를 통해 민간 우주항공 분야로 지구 원격탐사 등 5개 분야*를 지정
 - * ①기초 연구 및 응용 개발 분야, 통신, ②텔레비전 및 라디오 방송, ③우주로부터의 지구원격 탐사, ④위성항법 및 측지시스템, ⑤유인우주비행
 - 단, 러시아의 최상위 우주계획인 「러시아 우주활동(2013-2020)」에서는 러시아 우주 개발의 최우선 과제가 유인우주활동임을 드러냄²⁶⁾
- 「러시아 우주활동(2013-2020)」에는 지도 제작, 자연환경 관리 등의 민간 활용을 위한 우주시스템 전개가 2020년까지의 계획에 반영
 - 「러시아 우주활동(2013-2020)」에 따라 지구 관측용 민간 궤도 위성으로 Resurs-P, Kanopus-V, Meteor-M, Electro-L, Artika-M을 개발
 - 「러시아 우주활동(2013-2020)」의 하위 계획에 해당하는 「러시아 연방 우주 프로그램 (2016-2025)」에서는 지구관측위성을 8개에서 23개로 확대하는 계획을 제시

4.2 국내 정책 동향

 우리나라 최상위 우주개발 계획인 「우주개발진흥기본계획」에서 지구관측위성은 핵심 과제 중 하나로 다루어지며 위성개발 프로그램의 과반을 차지

- 「제4차 우주개발진흥기본계획(2023~2027)」 중 지구관측위성은 전략 1-5-3 ‘우주를 통한 국가안보 및 해양상황인식 역량 강화’와 전략 2-2-3 ‘국민체감 서비스 향상을 위한 저궤도 지구관측 역량 고도화’에서 다루어짐
 - 「우주개발진흥기본계획」은 우주개발 분야를 발사체·인공위성·우주탐사로 구분하며, 지구관측은 인공위성의 하위 분류에 해당
- 기본계획에 수록된 로드맵상에서 다목적실용위성, 차세대중형위성, 초소형군집위성, 천리안 위성 등의 지구관측위성 개발·운용 계획을 제시하고 있으며, 전체 9개 위성 프로그램 중 5개가 지구관측위성 프로그램에 해당

26) 세르게이 발렌테이(2021), 러시아 우주산업 발전 동향과 국제협력 전망, 대외경제정책연구원

〈표 5〉 제4차 우주개발진흥기본계획 내 저궤도 지구관측위성 개발 계획(안)

구분	4차 계획(~'27년)	5차 계획('28~)	비고	
다목적 실용위성	7호	발사·운용('23년~)	-	해외발사체
	7A호	발사·운용('24년~)	-	해외발사체
	7B호	사업착수('25년~)	발사·운용(미정)	-
	8~9호	사업착수(8호 '25년~)	발사·운용(8호, 미정) 사업착수(9호 '31년~)	9호 시험시설 등 인프라 사전 구축 검토
차세대 중형위성	2호	발사·운용('24년~)	-	해외발사체
	3호	발사·운용('25년~)	-	누리호(4차발사)
	4호	발사·운용('25년~)	-	해외발사체
	5호	발사·운용('27년~)	-	해외발사체(예정)
초소형 군집위성	1호	발사·운용('24년~)	-	해외발사체
	2~6호	발사·운용('26년~)	-	누리호(5차발사)
	7~11호	발사·운용('27년~)	-	누리호(6차발사)
	12~31호	-	발사·운용(미정)	미정

※ 신규사업의 착수 여부는 타당성 검토 후 결정 예정

2019년 발표된 「제2차 위성정보 활용 종합계획(2019~2023)」에서는 지구관측 위성의 개발 및 활용에 대한 정부 계획을 구체적으로 제시

- 「위성정보 활용 종합계획」은 지구관측·통신·항법을 포함한 위성정보의 보급·활용·산업육성 정책을 제시하며, 2차 종합계획에서는 지구관측위성 관련 내용이 대부분을 차지하여 지구 관측위성 개발 계획, 위성 탑재체 기술 개발 계획 등을 제시

추진 전략	추진 과제
① 스마트한 3대 국가 위성 정보서비스 제공	1-1 신속·정확한 국가 안전·위기관리 서비스 제공 1-2 다양한 국민 생활밀착 서비스 확대 1-3 미래선도 산업 기반 서비스 추진
② 위성정보 기술혁신으로 여는 위성정보서비스 산업	2-1 위성정보의 지능화 촉진 3-2 위성정보 활용 확대를 위한 기반기술 선진화 2-3 위성정보서비스 산업 생태계 구축
③ 효율적 위성정보서비스 제공을 위한 다중임무 위성 개발	3-1 공공서비스 견인을 위한 다중임무 위성 개발 3-2 위성탑재체 및 본체 핵심기술 개발 3-3 미래임무에 대비한 첨단 위성기술 확보
④ 위성 개발·활용 인프라 및 협력체계 선진화	4-1 선진적인 국가위성 개발 체계 구축 4-2 통합된 국가위성 운영 인프라 구축 4-3 효율적인 국내·외 협력 체계 마련

[그림 15] 제2차 위성정보 활용 종합계획 추진전략 및 추진과제

과기정통부는 12대 국가전략기술에서, 국방부는 10대 국방전략기술에서 우주를 전략기술로 선정하고 지구관측위성을 세부기술로 반영

- 기술 경쟁 주권 확보를 위해 과기정통부가 선정한 12대 국가전략기술은 '우주항공·해양'의 세부 중점기술에서 '우주관측·센싱*'을 제시

* 지구 → 우주, 우주 → 지구, 우주 → 우주 등 우주 관련 관측과 센싱을 모두 포함

- 12대 국가전략기술을 대상으로 민관이 함께 투자하는 국가전략기술 프로젝트를 추진하는 등 집중적인 투자 및 육성할 예정

- 국방부는 「2023~2037 국방과학기술혁신 기본계획」에서 집중적인 투자·육성하기 위한 기술로서 10대 국방전략기술을 제시하였으며, 이 중 '우주'가 포함되었고 세부기술로 '우주 기반 감시정찰'을 제시

- 국방부는 10대 국방전략기술을 집중적으로 투자·육성할 계획이며, 기술별 확보전략 수립, 추진현황 점검, 시험평가 인프라 강화 등을 추진할 예정

최근 위성영상 해상도 규제 완화, 「위성활용촉진법」 제정 추진 등 지구관측 데이터에 기반한 산업 활동을 위한 정책이 추진 중

- 2022년 국무총리 주재 '국정현안점검조정회의'를 통해 배포가능한 위성영상 해상도 규제를 4m에서 1.5m로 완화함을 발표하였고, 이후 「위성정보 보안관리 규정」의 관련 조항이 개정


- 미국에서 해상도 30cm급 영상의 판매가 보편화된 것과 비교할 때는 여전히 높은 규제 수준이라 볼 수 있으나, 국내 기술 수준을 고려할 때 과도하다 보기는 어려움

- 2023년에는 과기정통부의 업무계획에 위성정보를 활용해 우주서비스 창출을 위한 「위성 활용촉진법」이 반영


- 현재는 위성정보 관련법이 과학기술정보통신부 훈령인 「위성정보의 보급 및 활용 규정」, 「위성정보 보안관리 규정」 등으로 파편적으로 존재하며 산업 지원에 대한 내용은 부재

제5장 R&D 투자 동향

5.1 글로벌 R&D 투자 동향

 미국 등 우주개발 선도국은 지구관측위성 개발을 위해 막대한 예산을 장기간 투자해왔으며, 높은 기술 수준을 확보한 현재도 투자를 확대하는 양상

- 오랜 기간 그 효과성을 입증해온 지구관측위성은 수명이 짧은 우주 시스템의 특성상 수명 주기에 맞추어 차기 위성의 개발→발사가 필요하여, 마땅한 대체제가 없는 현 상황에서 관련 예산의 증가는 불가피

 (미국) NASA를 중심으로 지구관측위성 개발을 지속하는 한편, NRO*는 민간 상업 위성의 데이터 조달 사업을 확대하는 추세

* National Reconnaissance Office, 국가정찰국

- (NASA) Earth Science 프로그램에 매년 약 20억 달러를 투자하여 GOES-R 시리즈 Landsat 시리즈, Sentinel, ICESat, OCO 등 다양한 민간 목적의 지구관측위성을 개발
 - ※ NASA Earth Science 프로그램 예산 추이(단위: 달러): 2021년 20.00억 → 2023년 21.95억²⁷⁾
 - 2023년 기준 NASA의 총 예산은 2,538억 달러로 Earth Science 프로그램은 이 중 8.6%를 차지
- (NRO) 미국의 대표 정찰위성인 KH-11(광학위성)과 TOPAZ(SAR위성)를 운영하며 정찰 위성 구축을 위해 막대한 예산을 투자해왔으나, 최근에는 민간 상업 위성으로부터 영상을 조달받기 위한 프로그램을 확대
 - ※ NRO의 예산은 비공개
 - 1976년 처음 발사된 광학 정찰위성 KH-11(일명 Keyhole)의 기당 개발 비용은 1990년 기준으로도 12.5~17.5억 달러²⁸⁾에 달하였으며, 현재까지 19기가 개발되면서 막대한 예산을 KH-11 개발·운영에 투입

27) The Planetary Society 홈페이지 내 NASA 예산정보 페이지 [https://www.planetary.org/space-policy/nasa-budget\(2023.07.27 확인\)](https://www.planetary.org/space-policy/nasa-budget(2023.07.27 확인))

28) Congressional Budget Office(1990), U.S. Costs of Verification and Compliance Under Pending Arms Treaties

- FIA*를 1998년 보잉과 계약을 체결하여 착수하였으나, 사업 지연 및 사업비 초과로 인해 광학 위성 개발은 취소하고 레이더 위성만 진행하여 TOPAZ 1~5를 개발²⁹⁾
 - * Future Imagery Architecture, 차세대 정찰 광학·레이더 위성 개발 프로그램으로 개발 비용 50억 달러, 총 생애주기 비용 100억 달러 규모의 대형 사업
- NRO는 민간기업 Maxar(舊 Digital Global)로부터 위성 영상을 공급받고 있으며, 최근 공급 업체를 3개로 확대하고 10년간 수십억 달러의 위성 영상을 조달받는 계약을 체결³⁰⁾

(중국) 최근 민간·국방 목적의 지구관측위성이 다수 개발되고 있어, 이를 고려할 때 상당한 투자가 진행되었을 것으로 추정

※ 중국의 지구관측위성 관련 예산이 투명하게 공개되어 있지 않아 정확한 투자액은 확인 불가

- 중국은 2021년 기준으로 미국 다음으로 많은 103억 달러를 우주 개발에 투자하였으며, 지구관측위성을 포함하여 우주정거장, 위성항법시스템 등 우주 시스템을 독자 구축

※ 2021년 정부 우주개발 투자 규모(달러)³¹⁾: 미국 546억, 중국 103억, 일본 42억, 한국 7억

- 민간용 지구관측위성 Gaofen(高分) 시리즈, 정찰위성 Yaogan(遥感) 시리즈를 중심으로 다수의 지구관측위성을 개발하였으며, 발사일 기준 최근 5년간 1톤급 위성 Gaofen 20기, 3톤급 위성 Yaogan 67기*를 개발한 것을 감안할 때 상당한 예산을 투자하였을 것으로 추정

* 신호정보수집위성 포함

(유럽) EU는 코페르니쿠스 프로그램 투자에 많은 예산을 집중하고 있으며, EU와 별개로 프랑스·독일·이탈리아를 중심으로 협력하며 위성 개발에 투자

- 1998년 착수한 코페르니쿠스 프로그램은 지속적으로 예산이 증가하여 2021~2027년 예산으로 54.2억 유로를 배정받음³²⁾

- 2014년 첫 위성 Sentinel-1A 발사를 시작으로 현재까지 큰 차질없이 사업이 진행되고 있으며 2014~2020년 예산으로 배정받은 34억 유로는 100%로 집행을 완료

- EU 우주 프로그램의 2021~2027년 총 예산은 149억 유로로 코페르니쿠스는 전체 예산의 36.4%를 차지

29) The New York Times(2007), In Death of Spy Satellite Program, Lofty Plans and Unrealistic Bids

30) Satnews(2007), NRO's Largest Award Of Commercial Imagery Contracts Worth Billions To Three Companies

31) Euroconsult(2021) Government Space Programs

32) EU 의회 웹사이트(<https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2020/12/16/eu-space-programme-council-presidency-reaches-political-agreement-with-the-european-parliament>, 2023.10.06. 확인)

- 코페르니쿠스에서 다루지 않는 군사위성은 프랑스·독일·이탈리아를 중심으로 유럽 내 국가가 함께 투자하여 개발하거나, 각자 수집한 지구관측 데이터를 상호 공유하는 방식으로 대응
 - Pléiades, Pléiades-Neo, CSO 등 프랑스가 주도한 위성개발 프로그램에, 독일, 스웨덴, 벨기에, 오스트리아, 폴란드 등이 참여³³⁾³⁴⁾³⁵⁾
 - 프랑스와 이탈리아는 2012년에 자국의 주력 위성인 Pleiades와 COSMO-SkyMed의 영상 정보 공유를 위한 협정 체결³³⁾

☐ (일본) 정보수집위성 사업에 대한 투자가 지속되고 있고, 차기 정지궤도위성 사업이 새로 착수되면서 지구관측위성 관련 예산이 크게 증가

- 2019년 932억 엔이었던 지구관측 관련 사업 예산은 연평균 16.6%씩 증가하여 2023년 1,780억 엔으로 확대³⁶⁾
 - ※ 일본의 우주관련 총예산은 2019년 3,600억 엔에서 2023년 6,119억 엔으로 연평균 14.2% 증가
 - 일본의 대표적인 정찰위성인 ‘정보수집위성’ 시리즈 개발·운영에 매년 600~800억 엔을 투자해왔으며, 2023년까지의 누적 투자액은 1.7조 엔
 - GASAT 위성 시리즈의 개발 예산이 확대되었고, 2023년 대형 사업인 차기 정지궤도 기상위성 ‘히마와리 10호’의 개발이 착수되면서 지구관측위성개발 사업이 증가




[그림 16] 일본의 정보수집위성 예산 추이³⁷⁾

33) Spacenew(2012), Soyuz Launches French Pleiades Imaging Satellite
 34) Spacenews(2015), Germany To Invest in French Recon Satellite for Access to Full Constellation
 35) Aerotime Hub(2022), Poland orders two Pléiades Neo spy satellites from Airbus
 36) 일본 내각부, 우주관계예산 웹페이지(<https://www8.cao.go.jp/space/budget/yosan.html>, 2023.7.21. 확인)
 37) 일본 내각관방, 내각위성정보센터 예산의 추이(https://www.cas.go.jp/jp/gaiyou/jimu/csice_yosan.html, 2023.07.26. 확인)

〈표 6〉 일본의 2023년 지구관측위성 관련 예산

주관 부성(府省)	사업명	예산(억 엔)
내각관방	정보수집위성의 개발·운영	800
내각부	소형위성 컨스텔레이션 구축 등 우주개발이용의 촉진	131
경찰청	고해상도위성영상해석시스템의 운용	9
외무성	위성영상판독분석지원	3
총무성	우주기상예보의 추진·고도화	15 이내
문부과학성	온실가스 및 물순환관측기술위성(GOSAT-GW)	110
국토교통성	정지기상위성 히마와리의 운용 등	25
	차기 정지기상위성의 정비 등	621
환경성	온실가스 관측기술위성(GOSAT)시리즈에 의한 지구환경관측사업 등	66
합계		1,780

 (러시아) 다수의 지구관측위성 개발 프로그램을 통해 투자를 지속하고 있으나 우주에 대한 투자가 과거 대비 크게 감소하였고, 사업 지연으로 예산 집행도 부진


※ 러시아는 지구관측위성 관련 예산이 투명하게 공개되어 있지 않아 정확한 투자액은 확인 불가

- 러시아 내에서 우주산업의 우선순위 하락²⁶⁾과 루블화의 가치하락과 같은 경제적 상황 악화로 인해 우주 프로그램에 투입되는 예산을 대폭 축소
 - 러시아는 주요 우주 프로그램을 추진하는 「연방 우주프로그램 2016-2025」의 예산으로 1.4조 루블을 배정하였으나, 이는 2014년 발표된 초안에서 제시된 2.3조 루블에서 크게 삭감된 예산이며³⁸⁾, 과거 10년('06년~'15년) 동안 투입된 연방 예산 7조 1,041억 루블²⁶⁾과 비교해도 크게 감소된 예산
- 정지궤도기상위성 Elektro-L 시리즈, 태양동기궤도 기상위성 Meteor-M 시리즈, 환경 모니터링위성 Resurs-P 시리즈, S밴드 SAR위성 Kondor-FKA 시리즈 등 다양한 지구 관측위성을 개발하고 있으나 많은 위성 개발이 당초 계획보다 지연
 - 관련 예산이 감소하였고, 크림 반도 합병 이후 시작된 서방의 제재로 부품 확보도 어려워지면서 사업 지연 발생
 - ※ Reurs-P, Arktika-M, Neutron 등 많은 지구관측위성의 발사가 당초 계획대비 수년 지연
- 최근에는 대규모 위성 정보망 구축하는 러시아 연방 프로젝트인 스페라(Sfera)를 추진하고 있으며, 이 프로젝트에 950억 루블을 배정³⁹⁾
 - 스페라 위성군 현재 통신위성 289기, 광학위성 84기, SAR위성 12기로 구성될 예정이며 이는 당초 계획보다 광학위성과 SAR위성의 수를 크게 축소시킨 구성

38) Planetary 웹사이트(<https://www.planetary.org/articles/0323-russia-space-budget>, 2023.9.14. 확인)


39) Interfax New Agency(2022), Russian govt earmarks 95 bln rubles for Sfera satellite project - Roscosmos

5.2 국내 R&D 투자 동향

 (주요사업) 아리랑위성(다목적실용위성) 시리즈, 천리안위성(정지궤도복합위성) 시리즈를 지속적으로 개발하고 있으며, 최근에는 소형·중형위성 개발 및 국방용 위성의 개발이 증가

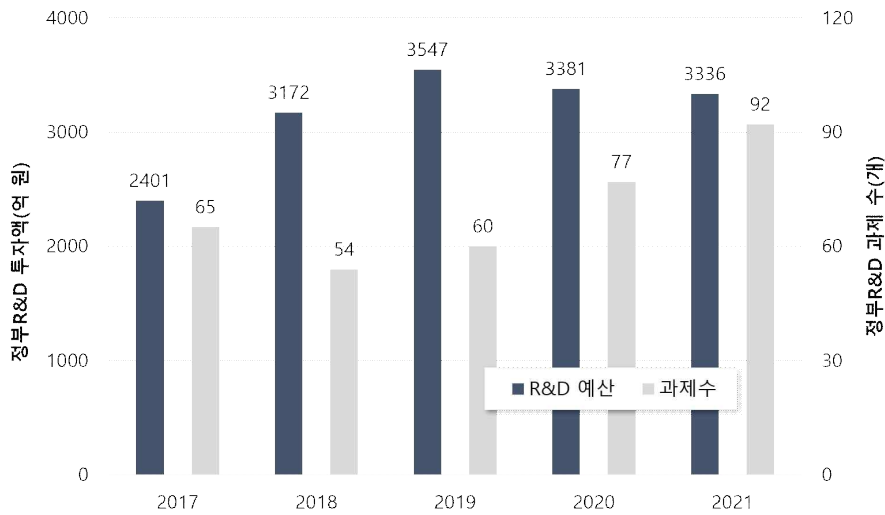
- 다목적실용위성은 공공안전, 국토·자원관리를 위해 활용되는 우리나라 대표 지구관측위성이며, 현재 개발중인 6호(SAR위성)는 총사업비가 3,400억 원 규모이며, 7호(EO/IR위성)는 총사업비가 3,100억 원 규모⁴⁰⁾
- 정지궤도복합위성은 기상·해양·환경 정보를 획득하기 위한 위성으로 최근 완료된 2A호와 2B호 개발에 약 7,000억 원을 투자⁴⁰⁾
- 2010년 이후부터 차세대소형위성('12년 착수), 차세대중형위성('15년 착수) 개발이 시작되었고, 최근에는 초소형군집위성('20년 착수), 초소형위성체계('22년 착수) 등 군집위성 개발이 증가하면서 위성개발 사업이 다변화
- 군정찰위성 5기를 개발하는 425사업('15년 착수*), 초소형SAR위성개발사업('19년 착수) 등 국방 목적의 위성의 개발도 증가

* 2018년부터 체계개발 본격화

 (투자규모⁴⁰⁾) 최근 5년간('17~'21) 지구관측위성 R&D에 투자된 정부 예산은 총 1조 5,836억 원이며, 대형 사업의 개발 주기에 따라 예산 증감이 발생

- 5년간 연평균 3,167억 원의 정부 예산이 지구관측위성 R&D에 투자하였으며, 다목적실용 위성, 정지궤도복합위성 등의 대형사업의 개발 주기에 따른 예산 증감으로 인해 2017~2021년 동안의 투자액은 2019년 최고액에 도달 후 감소하는 추세
- 단, 2022년부터 2030년까지 수행될 초소형위성체계 개발사업은 역대 단일 지구관측위성 개발 프로그램으로는 최대 총사업비인 1.4조 원이 투입될 예정으로, 사업이 본격화되면 지구관측위성 관련 R&D 예산은 증가세를 보일 것으로 전망

40) 신용철·권재영(2019), 인공위성개발사업군 특정평가보고서, 한국과학기술기획평가원



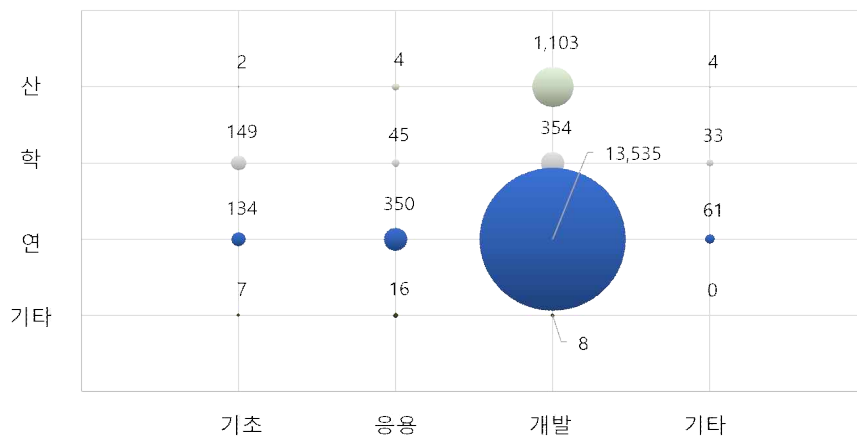
[그림 17] 최근 5년간('17~'21) 지구관측위성 분야 정부R&D 투자 현황

(수행주체 및 연구개발단계) 최근 5년간('17~'21) 국공립연구소와 정부출연 연구소가 수행하는 체계개발 중심으로 투자하고 있으며, 기초연구 투자는 부족

- 한국항공우주연구원 등 출연연구소와 국공립연구소가 수행한 개발단계 연구에 총 1조 3,535억 원을 투자하였으며, 이는 전체 투자액의 85.5%에 해당
- 대학과 출연연구소에서 기초연구를 수행하였으나 투자액은 5년간 292억 원(전체 투자액의 1.8%)에 불과하여 기초연구에 대한 투자는 매우 부족

※ 지난 5년간('17~'21) 전체 정부R&D 중 기초연구 투자 비중은 27.5~33.5% 수준⁴¹⁾

- 단, 국방분야에서의 우주기술 기초연구가 증가하면서, 지구관측위성 기초연구에 투자되는 예산은 2017년 38억 원에서 2021년 124억 원으로 증가

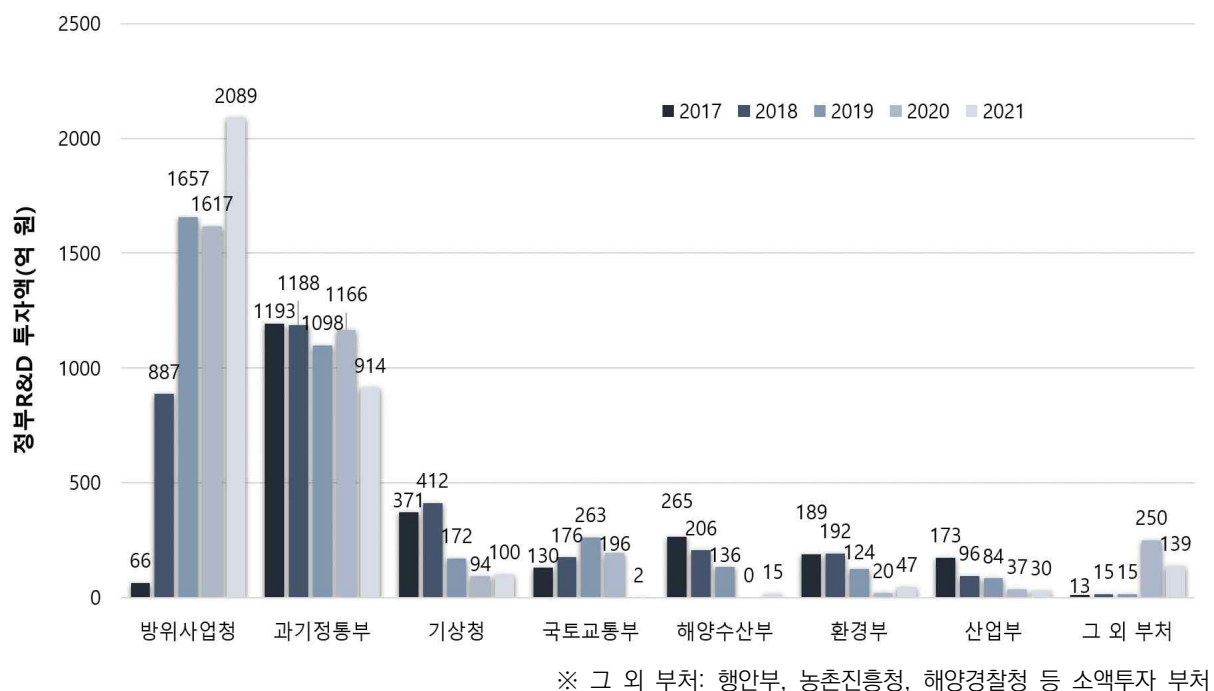


[그림 18] 최근 5년간('17~'21) 수행주체·연구개발 단계별 지구관측위성 분야 정부R&D 투자액(단위: 억 원)

41) 한웅용(2022), 2021년도 국가연구개발사업 집행현황, KISTEP 브리프

(주관부처) 최근 5년간('17~'21) 방위사업청과 과기정통부는 총예산의 73.0%를 차지하는 많은 예산을 투자하여 지구관측위성 R&D 투자를 주도

- 지구관측위성 분야 R&D에는 총 14개 부처가 참여하고 있으나, 방위사업청과 과기정통부가 예산 투자의 대부분을 차지
- 2017년 66억 원에 불과하던 방위사업청의 지구관측위성 관련 투자액은 2021년 2,089억 원으로 가파르게 확대되면서 지구관측위성에 가장 많은 예산을 투자한 부처로 부상
- 과기정통부의 투자액은 2021년 1,000억 원 이하로 감소하였는데, 이는 정지궤도복합위성 개발사업이 2019년 종료된 것과 차세대중형위성개발사업의 2021년 예산이 개발 주기에 맞추어 감소한 것에 기인



[그림 19] 최근 5년간('17~'21) 부처별 지구관측위성 분야 정부R&D 투자액

제6장 결론

6.1 요약 및 정리

☞ 선도국은 높은 수준의 위성 개발 역량을 확보하였으며, 우리나라는 일부 기술의 해외 의존도는 높으나 위성 개발 역량은 상당

- 주요 우주 선도국은 오랫동안 지구관측위성 개발에 투자하여 고성능의 지구관측 위성을 다수 운영하고 있으며 독자적인 센서 기술을 보유
- 우리나라도 개발 중인 다목적실용위성 6호 등의 발사가 완료되면 50cm 이하의 고해상도 지구관측위성을 자체 개발하여 운영하게 되나, 이러한 위성에 사용된 센서 기술의 해외 의존도가 높은 것은 한계

☞ 자체적으로 위성을 개발·운영하거나 타 위성의 데이터를 분석하는 스타트업이 세계적으로 증가하면 산업 확대가 예상되며, 우리나라도 산업화의 기틀을 마련 중

- 지구관측산업은 우주산업 중에서도 높은 성장률이 예상되는 분야로, 그간 지구관측위성 개발에 가장 많은 예산을 투자한 미국이 산업을 주도
- 다수의 소형·초소형 지구관측위성을 개발·운영하는 스타트업, 지구관측 데이터를 분석하는 스타트업 등 관련 스타트업이 증가하고 있으며, 특히 분석을 통해 얻어진 2차 데이터 활용의 증가가 지구관측산업의 확대를 이끌 것으로 전망
- 우리나라의 지구관측산업은 아직까지 규모가 작고 정부 R&D 사업에 대한 의존성도 높으나, 방산업체의 위성개발 참여 증가, 관련 스타트업 증가 등은 고무적

☞ 많은 국가에서 지구관측위성 개발을 우주개발의 주요 과제로 설정하고 있으며, 지구관측산업을 주도하는 미국의 경우 산업 활성화를 정책적으로 지원

- 유럽·일본·러시아에서는 우주 관련 정책에서 지구관측위성의 개발을 주요 과제로 제시하였고, 지구관측 분야에서 활동하는 민간기업을 다수 보유한 미국은 지구관측산업 활성화에 집중

- 미국·유럽·일본 등은 지구관측 분야에서의 상업 활동의 기틀이 되는 지구관측 관련 기준·면허제도·규제사항 등을 포함하는 법을 선제적으로 제정하여 활용
- 우리나라는 우주정책 상 지구관측위성이 높은 우선순위를 차지하나, 지구관측 관련 상업 활동과 관련된 법률 기반은 미흡

우리나라를 비롯해 많은 국가에서 지구관측위성 개발에 막대한 예산을 투자해왔고, 이러한 경향은 앞으로도 지속될 전망

- 기존에 발사된 위성의 수명 주기에 맞추어 추가적인 위성 발사가 필요하여 지속적인 예산 투자가 필요한 특성으로 인해 우리나라를 포함해 지구관측위성을 운영하는 주요국의 R&D 투자는 증가할 전망
- 단, 우리나라는 주요 기술의 해외 의존도가 높음에도 위성체 개발을 중심으로 R&D가 수행되고 있고 기초연구 투자는 부족

6.2 시사점

지구관측위성을 개발·운영하기 위한 R&D에 투자를 지속하되, 핵심 기술을 내재화하고 데이터 분석 기술을 고도화하기 위한 R&D에 투자 확대 필요

- 기술을 이미 확보한 국가에서도 지구관측위성을 국가 핵심 인프라로서 관리하고 지속적으로 개발·운영하고 있는 점을 고려하여 우리나라도 지구관측위성 개발에 대한 투자 지속 필요
- 단, 전략적 가치, 수급 안정성 등을 고려해 내재화 필요성이 높은 부품을 식별하고 이를 확보하기 위한 R&D 투자는 장기적 관점에서 확대 필요
 - 지구관측위성은 해외 기술 의존도가 높아 부품 수급 문제로 인해 사업이 지연되는 일도 발생하고 있으며, 해외 도입 기술 중 일부는 각국의 기술 보호 정책에 의한 규제에 노출
- 또한, 우리나라가 확보할 방대한 데이터를 효과적으로 활용하고 우주경제에도 기여하기 위해 지구관측 데이터 분석기술에 대한 투자 확대 필요
 - 다목적실용위성 6호 등 현재 개발 중인 위성이 수년 내 발사되어 방대한 지구관측 데이터를 수집하면 이를 분석·활용 방안이 대두될 것으로 전망되어 이에 대한 대비 필요
 - 데이터 분석 기술의 경우 판매까지의 경로(구매→분석→판매)가 지구관측위성을 직접 개발 운영하는 것에 비하여 단순하고 요구되는 사업 기반이 적어 빠르게 상업화가 가능한 분야로 우리나라 우주경제 활성화를 위한 열쇠로 활용 가능

☐ 국내의 지구관측위성 관련 역량이 출연연 중심으로 형성된 점을 고려하여 출연연 소속 연구자의 역량을 이용해 산업을 지원하기 위한 방안 마련 필요

- 오랜 기간 지구관측위성을 개발·운영·데이터 분석을 수행하면서 경험을 축적해온 출연연과 최근 참여도를 높이고 있는 민간과의 역량 차이는 아직까지 상당
- 오랜 기간 경험을 쌓은 출연연 소속 연구자에 의한 스타트업 창업을 유도하거나 스타트업 컨설팅 제도를 마련하는 등 연구계에 의한 산업계 지원을 강화 필요
 - ※ 일본은 법개정을 통해 JAXA(일본우주항공연구개발기구)가 직접 우주분야 스타트업에 투자할 수 있도록 하였으며, 민간기업과의 파트너십R&D 프로그램도 확대
 - 출연연 소속 연구자의 산업계 지원에 이해충돌로 인한 문제가 발생하지 않도록, 사전에 가이드라인·사례집 등을 마련하여 연구자에게 제공 필요

☐ 아직까지 국내 산업 규모는 크지 않으나 추후 국내 기업이 역량을 쌓고 사업을 본격화하는 발판을 마련하기 위해 관련 법 정비 필요

- 지구관측위성에 대한 우리나라의 정책적 관심도는 상당하고 관련 사업도 다양화되고 있어 관련 투자의 확대가 예상되며, 이에 기반해 민간에 의한 사업화 사례도 증가할 전망
- 지구관측 데이터에 기반한 상업 활동을 지원하고 대국민 서비스를 강화하기 위해 현재 파편화된 지구관측 데이터 관련 법률을 통합·체계화해 상위법으로 격상 필요

참고문헌

- 강희중(2022), 지구관측 분야별 위성정보 활용 연구동향 및 시사점, SPREC Insight
- 고웅대 외(2021), SAR(Synthetic Aperture Radar) 위성 개발현황 및 향후 HRWS(High Resolution Wide Swath) SAR 위성 개발전략, 우주기술과 응용
- 과학기술정보통신부·한국연구재단·한국우주기술진흥협회, 연도별 우주산업 실태조사
- 김영주(2020), 위성원격탐사에 관한 비교법적 고찰, 항공우주정책·법학회지, 35(1)
- 김현욱 외(2020), 지구관측 위성활용 데이터정책 국내외 동향, 항공우주산업기술동향, 18권 2호
- 동아사이언스(2022), [우주산업 리포트] 우주산업이 구인난에 빠졌다
- 박강민(2023), 획기적 가성비 추구하는 초저궤도 광학 감시정찰 위성, SPREC 글로벌 이슈 리포트 9월호
- 서울경제(2022), 우주강국의 꿈, K뉴스페이스
- 세르게이 발렌테이(2021), 러시아 우주산업 발전 동향과 국제협력 전망, 대외경제정책연구원
- 신용철·권재영(2019), 인공위성개발사업군 특정평가보고서, 한국과학기술기획평가원
- 원영진 외(2020), 최신 영상 레이더 위성 기술 및 개발 동향, 항공우주산업기술동향 18권 2호
- 윤상호 외(2021) 비디오 SAR의 기술동향, 국방과학기술플러스 252호
- 일본 내각부, 우주관계예산 웹페이지(<https://www8.cao.go.jp/space/budget/yosan.html>, 2023.7.21. 확인)
- 일본 내각관방, 내각위성정보센터 예산의 추이(https://www.cas.go.jp/jp/gaiyou/jimu/csice_yosan.html, 2023.07.26. 확인)
- 일본 우주개발전략본부(2023), 우주기본계획(The Basic Plan on Space Policy)
- 중국 국무원 정보판공실(2022), 중국우주백서(China's Space Program: A 2021 Perspective)
- 중국 국무원 정보판공실(2011), 중국우주백서(China's Space Activities in 2011)
- 한웅용(2022), 2021년도 국가연구개발사업 집행현황, KISTEP 브리프
- 한화시스템 웹사이트(<https://www.hanwhasystems.com/kr/business/defense/space/sar.do>, 2023.09.18. 확인)
- Aerotime Hub(2022), Poland orders two Pléiades Neo spy satellites from Airbus
- Breaking Defense(2023), NOAA eases licensing restrictions on commercial remote sensing
- CBC News(2014), Sharper satellite images allowed, as U.S. loosen rules
- Congressional Budget Office(1990), U.S. Costs of Verification and Compliance Under Pending

Arms Treaties

- Euroconsult(2022), Earth Observation Data & Services Market
- EUROPA 보도자료(<https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2020/12/16/eu-space-programme-council-presidency-reaches-political-agreement-with-the-european-parliament/>, 2023.09.21. 확인)
- Interfax News Agency(2022), Russian govt earmarks 95 bln rubles for Sfera satellite project - Roscosmos
- Morgan Stanley(2020), Space: Investing in the Final Frontier
- Payload(2021), Albedo Granted NOAA License to Sell 10cm Satellite Imagery
- Planetary 웹사이트(<https://www.planetary.org/space-policy/nasa-budget>, 2023.07.27. 확인)
- Planetary 웹사이트(<https://www.planetary.org/articles/0323-russia-space-budget>, 2023.9.14. 확인)
- Satnews(2007), NRO's Largest Award Of Commercial Imagery Contracts Worth Billions To Three Companies
- Shunlin Liang, Jindi Wang(2020), Advanced Remote Sensing
- Spacenew(2012), Soyuz Launches French Pleiades Imaging Satellite
- Spacenews(2015), Germany To Invest in French Recon Satellite for Access to Full Constellation
- Spaceknow 블로그(<https://spaceknow.com/blog>, 2023.09.21 확인)
- The New York Times(2007), In Death of Spy Satellite Program, Lofty Plans and Unrealistic Bids
- Todd Harrison(2022), Commercial Space Remote Sensing and Its Role in National Security, CSIS
- Xiaopeng Zhang 외(2020), Research on the Policies and Laws of International Civilian Remote Sensing Satellites and Their Problems, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLII-3/W10
- Wan Jie 외(2018), Research Outline of Airborne MIMO-SAR System with Same Time-frequency Coverage, Journal of Radars Vol. 7 No. 2



| 저자 소개 |

최 충 현

한국과학기술기획평가원 투자기획조정센터 부연구위원

Tel: 043-750-2609 E-mail: chchoi@kistep.re.kr

| 편집위원 소개 |

전승수 연구위원

정지훈 연구위원

김승균 연구위원

문태석 부연구위원

한국과학기술기획평가원 사업조정평가본부

Tel: 043-750-2444 E-mail: skkim@kistep.re.kr

※ 본 KISTEP 기술동향브리프의 내용은 필자의 개인적 견해이며, 기관의 공식적인 의견이 아님을 알려드립니다.

[KISTEP 브리프 발간 현황]

발간호 (발행일)	제목	저자 및 소속	비고
57 (23.01.06.)	MZ세대를 위한 미래 기술	지수영·안지현 (KISTEP)	미래예측
- (23.01.20.)	KISTEP Think 2023, 10대 과학기술혁신정책 아젠다	강현규·최대승 (KISTEP)	이슈페이퍼 (제341호)
58 (23.02.02.)	세계경제포럼(WEF) Global Risks 2023 주요내용 및 시사점	김다운·김유신 (KISTEP)	혁신정책
59 (23.02.07.)	미국의 「오픈사이언스의 해」 선포와 정책적 시사점	이민정 (KISTEP)	혁신정책
- (23.02.21.)	‘데이터 보안’ 시대의 10대 미래유망기술	박창현·임현 (KISTEP)	이슈페이퍼 (제342호)
60 (23.03.06.)	연구자산 보호 관련 주요국 정책 동향 및 시사점	유지은·김보경 (KISTEP)	혁신정책
61 (23.03.20.)	美 「과학적 진실성 정책 및 실행을 위한 프레임워크」의 주요 내용 및 시사점	정동덕 (KISTEP)	혁신정책
- (23.03.29.)	우리나라 바이오헬스 산업의 주력산업화를 위한 정부 역할 및 지원방안	홍미영·김주원 안지현·김종란 (KISTEP)	이슈페이퍼 (제343호)
62 (23.03.30.)	2021년 한국의 과학기술논문 발표 및 피인용 현황	한혁 (KISTEP)	통계분석
63 (23.03.30.)	2021년 신약개발 정부 R&D 투자 포트폴리오 분석	강유진·김종란 (KISTEP)	통계분석
- (23.04.03.)	국방연구개발 예산 체계 진단과 제언	임승혁·안광수 (KISTEP)	이슈페이퍼 (제344호)
64 (23.04.06.)	2023년 중국 양화의 주요 내용 및 과학기술외교 시사점	강진원·장지원 (KISTEP)	혁신정책
65 (23.04.10.)	2023 인공지능 반도체	채명식·이호윤 (KISTEP)	기술동향
66 (23.04.13.)	생성형 AI 관련 주요 이슈 및 정책적 시사점	고윤미·심정민 (KISTEP)	혁신정책

- (23.04.17.)	STI 인텔리전스 기능 강화 방안 -12대 과학기술혁신 정책 이슈를 중심으로-	변순천 외 (KISTEP)	이슈페이퍼 (제345호)
67 (23.04.17.)	「OECD Science, Technology, Innovation Outlook 2023」의 주요 내용 및 시사점	홍세호·심정민 (KISTEP)	혁신정책
- (23.04.19.)	임무지향형 사회문제해결 R&D 프로세스 설계 및 제언	박노언·기지훈·김현오 (KISTEP)	이슈페이퍼 (제346호)
68 (23.05.02.)	전기차 배터리 핵심광물	이승필·여준석·조유진 (KISTEP)	기술동향
- (23.05.03.)	기업 혁신활동 제고를 위한 R&D 조세 지원 정책 연구 : 국가전략기술 연구개발 기업을 중심으로	구본진 (KISTEP)	이슈페이퍼 (제347호)
69 (23.05.04.)	허위·조작정보 대응을 위한 OECD 원칙 및 과학기술 시사점	배용국·정미나 (KISTEP)	혁신정책
70 (23.06.08.)	OECD MSTI 2023-March의 주요 결과	정유진 (KISTEP)	통계분석
71 (23.06.09.)	2022년 지역 과학기술혁신 역량평가	한혁·안지혜 (KISTEP)	통계분석
72 (23.06.23.)	일본, 『사이언스 맵 2020』의 주요내용 및 정책적 시사점	이미화·심정민 (KISTEP)	혁신정책
- (23.06.27.)	국가연구개발 성과정보 관리체계 개선 제언	김행미 (KISTEP)	이슈페이퍼 (제348호)
- (23.06.28.)	신입과학기술인 직무역량에 대한 직장상사-신입간 인식 비교 분석	박수빈 (KISTEP)	이슈페이퍼 (제349호)
73 (23.06.30.)	2021년도 국가연구개발사업 내 여성과학기술인력 현황	한혁 (KISTEP)	통계분석
74 (23.07.03.)	2022년 국가 과학기술혁신역량 분석	김선경·한혁 (KISTEP)	통계분석
- (23.07.05.)	기술패권경쟁시대 한국 과학기술외교 대응 방향	강진원·김진하 (KISTEP), 이정태(KIST)	이슈페이퍼 (제350호)
- (23.07.06.)	학문분야별 기초연구 지원체계에 대한 중장기 정책제언 (국내외 지원현황의 심층분석을 기반으로)	안지현·윤성용·함선영 (KISTEP)	이슈페이퍼 (제351호)
75 (23.07.14.)	美 2023 국방과학기술전략서(NDSTS)의 주요 내용 및 시사점	유나리·최충현·임승혁 ·한민규(KISTEP)	혁신정책

76 (23.07.27.)	2023년 IMD 세계경쟁력 분석	한혁 (KISTEP)	통계분석
77 (23.07.27.)	2021년 미국 박사학위 취득자 현황 분석	한혁 (KISTEP)	통계분석
78 (23.07.26.)	제 5차 과학기술기본계획과 과학기술분야 중장기계획 간 연계현황 및 시사점	홍정석·심정민 (KISTEP)	혁신정책
79 (23.08.01.)	일본 통합혁신전략 2023 의 주요 내용 및 시사점	양은진·심정민 (KISTEP)	혁신정책
80 (23.08.21.)	일본 2023 우주기본계획 의 주요 내용 및 시사점	최충현·문태석·이재민 ·강현규(KISTEP)	혁신정책
81 (23.08.29.)	미국의 R&D와 혁신 현황	한혁 (KISTEP)	통계분석
82 (23.08.30.)	2023년 유럽혁신지수 분석과 시사점	한용용 (KISTEP)	통계분석
83 (23.09.01.)	희토류 회수 및 재활용 기술	박정원·문윤실·이현경 (KISTEP)	기술동향
84 (23.09.20.)	화합물 전력반도체	유형정·김기봉 (KISTEP)	기술주권
85 (23.09.21)	『OECD Artificial Intelligence in Science: Challenges, Opportunities and the Future of Research』의 주요 내용 및 시사점	정하선·심정민 (KISTEP)	혁신정책
86 (23.09.22.)	우주쓰레기 제거 기술	문성록, 최충현, 한민규 (KISTEP)	기술동향
87 (23.10.04.)	2023년 The Global AI Index 결과 분석	한혁 (KISTEP)	통계분석
88 (23.10.20.)	스마트양식	이선명 (KISTEP)	기술동향
89 (23.10.25.)	지구관측위성	최충현 (KISTEP)	기술동향