



J. Korean Soc. Aeronaut. Space Sci. 49(9), 791-800(2021)

DOI:https://doi.org/10.5139/JKSAS.2021.49.9.791

ISSN 1225-1348(print), 2287-6871(online)

민/군 지구관측위성 개발 동향 및 향후 국내 위성사업 방향

정현재¹, 최윤혁², 황인영³, 서인호⁴, 김경근⁵

Development Trends of Civil/Military Earth Observation Satellite and Direction of Prospective Domestic Satellite Projects

Hyun-Jae Jeong¹, Yoonhyuk Choi², In Young Hwang³, Inho Seo⁴ and Kyung Keun Kim⁵

Agency for Defense Development

ABSTRACT

In this paper, the recent development trends of civil/military earth observation satellites of space-advanced countries and South Korea are investigated and the current status and the direction of prospective domestic satellite projects is described. The space-advanced countries are the United States, Russia, France, Germany, Italy, Israel, China and Japan. Based on the recent trends, the direction of prospective earth observation satellites is predicted. In general, the term of 'satellite development' usually refers to a concept of satellites, ground stations and launch vehicles consisting a satellite system, but in this paper the term focuses on the development of satellites, not the satellite system.

초 록

본 논문은 우주 선진국 및 우리나라의 민/군 지구관측위성 개발 동향에 대해 조사하였으며, 국내 위성사업의 현황 및 향후 방향에 대해 기술하였다. 우주 선진국의 민/군 지구관측위성 개발 동향은 미국, 러시아, 프랑스, 독일, 이탈리아, 이스라엘, 중국 그리고 일본에 대해 조사하였으며, 이를 바탕으로 향후 지구관측위성 개발 방향에 대해 예측하였다. 일반적으로 위성 개발이라는 용어는 위성시스템을 구성하는 위성체, 지상체 및 발사체 등을 모두 포함하여 개발하는 개념으로 사용되지만, 본 논문에서는 위성 시스템이 아닌 위성체 자체의 개발을 중점으로 사용하였다.

Key Words : Satellite(인공위성), Earth Observation Satellite(지구관측위성), Reconnaissance Satellite(정찰위성)

1. 서 론

인공위성은 특수한 목적을 달성하기 위해 달과 같이 지구 중력에 의해 지구 주위를 공전하는 위성으로, 인위적으로 개발 및 운용되는 물체이다. 인공위성은 크게 무게 및 크기, 고도, 궤도, 용도 등 다양한

기준에 따라 구분되며, 용도 및 기술적 측면과 위성의 운영 권한 측면으로 볼 때 크게 군사용과 민간용으로 분류할 수 있다[1].

군사용 인공위성으로는 신호정보위성, 조기경보위성, 공격위성 등이 해당되며, 민간용 위성으로는 과학위성, 실험위성 등이 해당된다. 군사용 및 민간용

† Received : March 12, 2021 Revised : June 22, 2021 Accepted : June 24, 2021

¹ Researcher, ^{2,3} Senior researcher, ^{4,5} Principal researcher

¹ Corresponding author, E-mail : nowholic@add.re.kr, ORCID 0000-0002-5726-1602

© 2021 The Korean Society for Aeronautical and Space Sciences

들 다 해당되는 위성으로는 통신위성, 지구관측위성, 기상위성, 항법위성 등이 있다[1]. 그중 지구관측위성(Earth Observation Satellite)은 군사용으로는 감시/정찰위성(Surveillance and Reconnaissance Satellite)이라고도 불리며, 지상 및 해상의 목표물을 주기적 혹은 간헐적으로 촬영하여 영상정보를 지상체로 전송하는 인공위성을 말한다. 본 논문에서는 이와 같은 위성을 지구관측위성으로 범용으로 표기하였다.

지구관측위성 영상정보의 활용분야는 크게 군사용과 민간용으로 분류할 수 있다. 군 지구관측위성으로 획득된 영상정보는 표적감시, 정보수집, 전장 환경감시, 전시피해 평가, 군용지도 제작 등에 활용되며, 민간 지구관측위성으로 획득된 영상정보는 재난/재해 감시, 기상예보, 환경 감시, 해양 수자원 감시, 국토 관리, 농림/산림 감시 등에 활용된다.

본 논문은 위와 같이 기술되어 있는 민/군 지구관측위성 개발 동향에 대해 조사하였다. 우주 선진국 및 국내 민/군 지구관측위성 개발 최근 사례 및 향후 개발 방향에 대해 기술하였으며, 나아가 국내 정부주도 위성사업의 민/군 협력 현황 및 개발 추진 방향에 대해 기술하였다. 일반적으로 위성 개발이라는 용어는 위성시스템을 구성하는 위성체, 지상체 및 발사체 등을 모두 포함하여 개발하는 개념으로 사용되지만, 본 논문에서는 위성 시스템이 아닌 위성체 자체의 개발을 중점으로 사용하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 우주 선진국의 민/군 지구관측위성 개발 동향을 조사하여 향후 개발 방향에 대해 예측하였으며, 3장에서는 국내 민/군 지구관측위성 개발 사례와 국내 위성 개발 현황 및 향후 방향성에 대해 기술하였다.

II. 본 론

2.1 우주 선진국의 민/군 지구관측위성 개발 동향

우주 선진국의 민/군 지구관측위성 개발 동향은 미국, 러시아, 프랑스, 독일, 이탈리아, 이스라엘, 중국 그리고 일본의 최근 개발 사례를 조사하였다. 이를 통해 우주 선진국의 민/군 지구관측위성이 발전되고 있는 방향, 향후 개발 방향에 대해 예측하였다.

조사한 사례 중 민/군이 공동으로 개발 및 활용하는 사례도 존재하며, 여러 나라가 공동으로 개발하는 사례도 기술하였다. 참고 표는 공개된 정보를 바탕으로 위성의 첫 발사일 순서로 나열하였으며, 공개되지 않은 정보는 ND(Non-disclosure)로 표기하였다.

2.1.1 우주 선진국의 민/군 지구관측위성 개발 사례

2.1.1.1 미국

미국은 세계 최강의 우주 전력을 구비한 국가로서

세계 우주개발 산업을 주도하고 있다. 지구관측 시스템과 위성 발사 및 복구시스템을 갖추고 있으며, 우주선 등을 배치 및 운용 중에 있다. 상업적 우주개발 능력 활용 역시 가장 우수한 면모를 보이며 미래 우주기술을 선도하고 있다[2,3].

미국은 Table 1과 같이 군 지구관측위성을 전자광학(EO, Electro - Optical), 적외선(IR, Infrared) 및 합성개구레이더(SAR, Synthetic Aperture Radar) 센서를 탑재한 위성들을 복합적으로 운영하고 있다. 1959년에 최초로 전자광학 장비인 가시광선 및 적외선 영상을 획득하는 KH(Keyhole) 시리즈의 지구관측위성을 개발하였으며, 현재는 0.1m 이하 고해상도 급 위성인 KH-11호까지 발사되어 운영하고 있다[4]. 또한 1988년에는 Keyhole의 단점을 보완하기 위하여 SAR 센서가 탑재된 레이더 정찰용 위성 Lacrosse 1호를 시작으로 현재 5호까지 발사하였으며, 후속으로 Topaz 1~5호를 개발하여 운영하고 있다[5]. 최근에는 Kestrel Eye 2M, SeeMe 등 초소형급 위성의 군 지구관측위성이 함께 운영되고 있다[4].

미국의 대표적인 민간 지구관측위성은 Table 2와 같이 DigitalGlobe사에서 개발한 WorldView 시리즈 위성으로, 2007년에 WorldView 1호 발사를 시작으로

Table 1. Recent military earth observation satellite projects of United States

Satellite	Payload (Resolution)	Wet mass	Launch date
Lacrosse 5 [4,5]	SAR (1m)	16,000kg	2005.04.30
TacSat-2 [4,5]	EO (1m)	370kg	2006.12.16
TacSat-3 [4,5]	EO (4m)	400kg	2009.05.19
Topaz 1 Topaz 2 Topaz 3 Topaz 4 Topaz 5 [4,5]	SAR (ND)	(ND)	2010.09.21 2012.04.03 2013.12.06 2016.02.10 2018.01.12
KH-11 15 [4]	EO (ND)	17,000kg	2011.01.20
ORS-1 [4]	EO (1m)	450kg	2011.06.30
KH-11 16 [4]	EO/IR (0.1m)	19,600kg	2013.08.28
Kestrel Eye 2M [4]	EO (1.5m)	50kg	2017.08.14
SeeMe [4]	EO (ND)	25kg	2018.12.03
KH-11 17 [4]	EO (ND)	(ND)	2019.01.19

Table 2. Recent civil earth observation satellite projects of United States

Satellite	Payload (Resolution)	Wet mass	Launch date
WorldView-1,2,3 [4,6]	EO (0.5m) (0.5m) (0.31m)	2,500kg 2,800kg 2,800kg	2007.09.18 2009.10.082 014.08.13
SkySat 1,2 [4,7]	EO (0.9m)	83kg	2013.11.212 014.07.08
SkySat 3 [4,7]	EO (0.65m)	120kg	2016.06.22
SkySat 4,5,6,7 [4,7]	EO (0.65m)	120kg	2016.09.16
WorldView-4 [4,6]	EO/IR (0.31m)	2,600kg	2016.11.13
SkySat 8,9,10,11,12,13 [4,7]	EO (0.65m)	120kg	2017.10.31
SkySat 14,15 [4,7]	EO (0.65m)	120kg	2018.12.03
Capella 1	SAR (0.5m)	40kg	2018.12.03
SkySat 16,17,18 [4,7]	EO (0.57m)	120kg	2020.06.13
SkySat 19,20,21 [4,7]	EO (0.57m)	120kg	2020.08.18
Capella 2,3,4,5,6 [4]	SAR (0.5m)	112kg	2020.08.31 2021.01.24 2021.01.24 2021(Plan) 2021.05.15

로 4호까지 발사하였다. WorldView 시리즈의 후속으로 WorldView-Legion 1~6호, WorldView-Scout 1~6호를 현재 개발 중이다[4,6]. 또한 최근에는 위성군 (Satellite constellation)을 이루는 초소형급 위성 시리즈를 발사하였다. 대표적인 위성으로는 Skybox사에서 개발하여 Planet사에서 운영하고 있는 광학 초소형 위성인 SkySat 시리즈가 있으며, 레이더 위성으로는 Capella Space사에서 36기 위성군을 목표로 개발하여 운영하고 있는 Capella 시리즈가 있다[4,7].

2.1.1.2 러시아

러시아는 1962년부터 KOSMOS 시리즈 위성의 발사를 시작으로 지금까지 약 2,500개의 위성을 발사하였다[5]. 러시아는 Table 3과 같이 획득한 영상을 필름으로 반환하는 최종 형태의 위성인 Kobalt-M 위성을 2015년까지 발사하였으며, 후속 위성으로 광학 지구관측위성인 Persona 및 Bars-M 위성을 개발하여 발사하였다. 또한 2013년에 SAR 위성인 Kondor 위성

Table 3. Recent military earth observation satellite projects of Russia

Satellite	Payload (Resolution)	Wet mass	Launch date
KOSMOS-2427,2445,2450,2462,2472,2480,2495,2505 (Kobalt-M) [4,5,8]	EO (0.3m)	6,600kg	2007.06.07 2008.11.14 2009.04.29 2010.04.16 2011.06.27 2012.05.17 2014.05.06 2015.06.05
KOSMOS-2441,2486,2506 (Persona-1,2,3) [4]	EO (0.5m)	7,000~8,000kg	2008.07.26 2013.06.07 2015.06.23
KOSMOS-2487 (Kondor) [6,8]	SAR (1~3m)	1,100kg	2013.06.27
KOSMOS-2503,2515 (Bars-M) [8]	EO (1.1~1.35m)	4,000kg	2015.02.27 2016.03.24
KOSMOS-2510,2518,2541,2546 (Tundra) [4]	EO (ND)	(ND)	2015.11.17 2017.05.25 2019.09.26 2020.05.22

Table 4. Recent civil earth observation satellite projects of Russia

Satellite	Payload (Resolution)	Wet mass	Launch date
Kanopus-V 1,1K1,3,4,5,6 [4]	EO (2.5m)	473kg	2012.07.22 2017.07.14 2018.02.01 2018.02.01 2018.12.27 2018.12.27
Resurs-P 1,2,3,4 [4]	EO (0.5m)	6,570kg	2013.06.25 2014.12.26 2016.03.13 2021(Plan)

을 발사하였으며, 최근에는 조기경보위성인 Tundra 위성을 개발하여 발사하였다[4]. 러시아는 향후에도 KOSMOS 시리즈 위성 개발할 것으로 예측된다.

러시아의 대표적인 민간 지구관측위성으로는 Table 4와 같이 Kanopus-V 시리즈와 Resurs-P 시리즈가 있으며, 두 위성 시리즈 모두 러시아의 Roskosmos사에서 운영 중이다. 두 위성 시리즈 모두 자연 현상 관측, 비상 상황 관측, 농경 및 수자원 관측 등을 위해 개발되었다[4].

2.1.1.3 프랑스

프랑스는 유럽국가 중에서 가장 빨리 국가우주프로그램에 착수하였으며, 지금도 활발하게 우주활동에 참여하고 있다. 프랑스는 미국, 러시아에 이어 세 번째로 인공위성 발사에 성공한 국가이며, 1980년에는 유럽우주국인 ESA (European Space Agency)의 아리안 로켓을 개발 및 운용하는 회사인 Arianespace사를 설립하였다[2,3].

프랑스는 1995년에 유럽 최초의 군 지구관측위성 Helios IA를 성공적으로 발사하였고, 1999년에 Helios IB를 발사하면서 Helios I 시리즈를 마무리하였다. 그 후 EO 센서뿐만 아니라 IR 센서를 추가 탑재하여 보다 발전한 Helios II 시리즈를 발사하였다. Helios I 시리즈는 프랑스, 이탈리아, 스페인 등의 국가가 참여하였고, Helios II 시리즈는 프랑스, 벨기에, 스페인, 이탈리아, 독일, 그리스 등의 국가가 참여하였다. 현재 Helios IIA는 독일의 SAR-Lupe와 상호 협동하여 운영 중이다. 최근에는 Table 5와 같이 Helios IIB 후속으로 CSO(Composante Spatiale Optique) 시리즈 위성을 개발하고 있으며, CSO 1호는 2018년, 2호는 2020년에 발사하였으며, 3호는 2021년에 발사 예정이다[4].

프랑스의 대표적인 민간 지구관측위성은 Table 6과 같이 2011년과 2012년에 발사한 Pleiades IA호와 IB가 있으며, 프랑스 국립 우주 센터 CNES(Centre National d'Etudes Spatiales)가 운영하고 있다. 또한 후속 위성으로 Airbus사에서 Pleiades-Neo 3~6호를 개발하고 있다[4].

Table 5. Recent military earth observation satellite projects of France

Satellite	Payload (Resolution)	Wet mass	Launch date
Helios IIB [4]	EO/IR (0.35m)	4,200kg	2009.12.18
CSO-1 CSO-2 CSO-3 [4]	EO (0.35m) (0.2m) (ND)	3,655kg	2018.12.19 2020.12.29 2021(Plan)

Table 6. Recent civil earth observation satellite projects of France

Satellite	Payload (Resolution)	Wet mass	Launch date
Pleiades IA/IB [4]	EO/IR (0.5m)	970kg	2011.12.17 2012.12.02
Pleiades-Neo 3,4,5,6 [4]	EO (0.3m)	920kg	2021.04.29 2021(Plan) 2022(Plan) 2022(Plan)

2.1.1.4 독일

독일은 유럽 제2의 우주강국으로 투자규모나 기술 면에서 프랑스의 뒤를 잇는 우주 개발 주요국이다. 실질적인 체계개발이나 운영을 독자적으로 하기보다는 ESA 소속국가로서 주도적으로 원천기술 및 핵심 기술 등을 연구개발하고 있다[2,3].

독일은 Table 7과 같이 2006년에 OHB-System사에서 최초의 군 지구관측위성인 SAR 센서를 탑재한 SAR-Lupe 1호를 개발하였으며, 5호까지 발사하여 군사작전에 유용한 영상정보를 제공할 수 있도록 운영 중이지만 아직까지 자체적으로 발사한 광학 지구관측 위성은 없다. 이를 보완하기 위해 독일은 2002년에 프랑스와 상호 협정 서명 후 프랑스 Helios IIA 광학 지구관측위성을 상호 협력하여 운영하였다. 또한 SAR-Lupe 위성의 후속 위성인 SARah 위성은 능동형 SAR 위성 1기와 수동형 SAR 위성 2기로 구성되어 있으며, 2021년에 발사 예정이다[4].

독일의 대표적인 민간 지구관측위성으로는 Table 8과 같이 독일항공우주연구소 DLR(Deutsches Zentrum für Luft und Raumfahrt)와 EADS Astrium간의 공공-민간 합작투자를 통해 2007년에 발사한 TerraSAR-X와 2010년에 발사한 Tandem-X가 있으며, 고해상도 및 광역관측에 활용되고 있다[5].

Table 7. Recent military earth observation satellite projects of Germany

Satellite	Payload (Resolution)	Wet mass	Launch date
SAR-Lupe-1,2,3,4,5 [4,5]	SAR (0.5m)	770kg	2006.12.19 2007.07.02 2007.11.01 2008.03.27 2008.07.22
SARah-1 [4]	SAR (ND)	2,200kg	2021(Plan)
SARah-2,3 [4]	SAR (ND)	1,800kg	2021(Plan)

Table 8. Recent civil earth observation satellite projects of Germany

Satellite	Payload (Resolution)	Wet mass	Launch date
TerraSAR/Tandem-X [5]	SAR (1m)	1,330kg	2007.06.15 2010.06.21

2.1.1.5 이탈리아

이탈리아는 1988년 이탈리아 우주국(ASI, Agenzia Spaziale Italiana)을 창설하여 1960년대부터 추진하던 우주분야 투자 및 개발을 단일 조직에서 추진했다. 이탈리아 우주국을 중심으로 우주분야 개발업무를 수행하고 있으며, 민/군 겸용사업/범부처공동사업/국가간협력사업 등을 수행하며 국가차원의 우주개발 및 위성자원 활용도를 제고하고 있다[2,3].

이탈리아는 Table 9와 같이 2007년에 SAR 위성인 COSMO-SkyMed 1호를 발사하였고, 민/군 겸용 지구관측 위성을 다수 개발하여 운영 중이다. 또한 COSMO-SkyMed 후속 위성인 CSG(COSMO-SkyMed Second Generation) 1호를 발사하였으며, 2호는 2021년에 발사 예정이다[4].

이탈리아의 민간 지구관측위성으로는 Table 10과 같이 2019년에 발사한 PRISMA(Precursore Iperspettrale delle Missioni Applicative) 위성이 있으며, 이탈리아 우주국에서 운영하고 있다. PRISMA 위성은 토지 피복 식별, 농작물의 식별 및 분류, 내륙 수질 오염, 탄소 순환 감시 등 환경 모니터링을 할 수 있는 초분광 센서와 팬크로매틱 카메라를 결합하여 혁신적인 전자 광학장비가 장착되어 있다[4].

2.1.1.6 이스라엘

이스라엘은 지구관측위성에 대한 자체개발능력을 보유하고 있으며, 소형위성임에도 불구하고 지구관측 기능을 지니는 위성을 보유하고 있다. 중동전쟁 등 혼란한 국내외 정세로 상당기간 정체기가 있었으나 1970~1980년 국가안보를 위한 인공위성 운영을 본격

Table 9. Recent military earth observation satellite projects of Italy

Satellite	Payload (Resolution)	Wet mass	Launch date
COSMO-SkyMed-1,2,3,4 [4]	SAR (1m)	1,900kg	2007.06.08 2007.12.09 2008.10.25 2010.11.06
OPTSAT-3000 [4]	EO (0.5m)	368kg	2017.08.02
CSG-1,2 [4]	SAR (ND)	2,205kg	2019.12.18 2021(Plan)

Table 10. Recent civil earth observation satellite projects of Italy

Satellite	Payload (Resolution)	Wet mass	Launch date
PRISMA [4]	EO (ND)	879kg	2019.03.22

Table 11. Recent military earth observation satellite projects of Israel

Satellite	Payload (Resolution)	Wet mass	Launch date
Ofeq-7 Ofeq-9 [5]	EO (0.5m)	300kg 189kg	2007.06.10 2010.06.22
Ofeq-8 (TecSAR-1) [5]	SAR (1m)	300kg	2008.01.21
Ofeq-10 (TecSAR-2) [4,5]	SAR (ND)	400kg	2014.04.09
Ofeq-11 Ofeq-16 [4]	EO (0.5m)	(ND)	2016.09.13 2020.07.06

적으로 착수하였다. 위성 개발에 있어 SAR 분야의 독자 설계 및 개발 기술을 보유하고 있으며, EO/IR 분야에서도 센서용 핵심부품, 기술개발을 선도하며 세계 최고 기술수준을 보유하고 있다[2,3].

이스라엘의 최초 군 지구관측위성인 Ofeq-1은 1988년에 개발되었으며, Table 11과 같이 현재까지 후속으로 16호까지 발사되어 운용 중이다. 2008년에는 소형위성 제작기술과 SAR 탑재체의 개발 경험을 바탕으로 개발된 첫 번째 SAR 소형위성 TecSAR를 개발하였으며, 민간 지구 관측을 위하여 개발되었다고 하나, 정찰 등 군사 목적으로도 사용하고 있을 것이라고 예상된다[4,5].

2.1.1.7 중국

중국의 우주개발을 주도하는 것은 인민해방군이며, 유인우주선 발사, 탄도미사일로 위성 요격 성공, 위성항법시스템 구축 추진, 우주군 창설 추진, 유인 달 탐사 추진 등으로 미국의 독점적 우주지배에 대항하기 위해 다양한 노력하고 있다. 중국은 공식적으로는 우주의 평화적 이용을 주장하며 우주의 비무기화와 관련된 국제조약을 추진하고 있으나 우주 군사역량을 꾸준히 향상시키고 있다[2,3].

중국은 Table 12와 같이 2006년에 Yaogan 1호 발사를 성공으로 현재까지 광학 및 SAR 센서를 탑재한 지구관측위성인 Yaogan 시리즈 위성을 개발하여 발사하고 있다. 또한 고해상도 광학 지구관측위성인 LKW (Ludikancha Weixing) 1~4호까지 발사하였다. 최근에는 지구관측위성뿐만 아니라 SIGINT 위성을 Yaogan 시리즈 명칭으로 개발하여 발사하였다[4,5,9,10,11].

중국의 대표적인 민간 지구관측위성은 Table 13과 같이 Gaofen 시리즈가 있다. Gaofen 시리즈 위성은 2013년에 1호를 발사하면서 CHEOS(China High-resolution Earth Observation System)을 구축하기 시작하였으며, 처음에는 7개의 위성을 구성될 예정이었으나 이후 현재까지 위성의 수가 늘어나고 있다.

Gaofen 위성은 다중 스펙트럼 광학 센서, SAR 센서, 적외선 센서, 초음파 탐지 및 특수 센서 등이 장착되어 국토 자원, 환경 보호, 농업 정보 등에 사용된다 고 한다. Gaofen 위성은 CHEOS에서 운영하고 있으며, 실시간으로 다양한 고해상도의 영상을 제공하기 위해 저궤도 및 정지궤도 등 다양한 궤도에서 운용되고 있다[4,6].

Table 12. Recent military earth observation satellite projects of China

Satellite	Payload (Resolution)	Wet mass	Launch date
Yaogan-1,3,10 [4,5,9,10,11]	SAR (5m)	2,700kg	2006.04.27 2007.11.12 2010.08.10
Yaogan-2,4,7,11,24,30 [4,5,9,10,11]	EO (1~3m)	(ND)	2007.05.25 2008.12.01 2009.12.09 2010.09.22 2014.11.20 2016.05.15
Yaogan-5,12,21 [4,5,9,10,11]	EO (ND) (ND) (1~3m)	(ND)	2008.12.15 2011.11.09 2014.09.08
Yaogan-6,13,18,23 [4,5,9,10,11]	SAR (ND)	(ND)	2009.04.22 2011.11.30 2013.10.29 2014.11.14
Yaogan-8,15,19,22,27 [4,9,10,11]	EO (3~10m)	1,040kg	2009.12.15 2012.05.29 2013.11.20 2014.10.20 2015.08.27
Yaogan-14,28 [4,5,9,10,11]	EO (ND) (1~3m)	(ND)	2012.05.10 2015.11.08
Yaogan-26 [4,5,9,10,11]	EO (1~3m)	(ND)	2014.12.27
Yaogan-29,33,33R [4]	SAR (ND)	(ND)	2015.11.26 2019.05.22 (Fail) 2020.12.28
LKW 1,2,3,4 [4]	EO (ND)	(ND)	2017.12.03 2017.12.23 2018.01.13 2018.03.17
Yaogan-34 [4]	EO (ND)	(ND)	2021.04.30

Table 13. Recent civil earth observation satellite projects of China

Satellite	Payload (Resolution)	Wet mass	Launch date
Gaofen 1 [4,6]	EO (2m)	1,080kg	2013.04.26
Gaofen 2 [4,6]	EO (0.8m)	2,100kg	2014.08.19
Gaofen 3 [4,6]	SAR (0.5m)	2,950kg	2016.08.09
Gaofen 4 [4,6]	EO (50m)	4,600kg	2015.12.28
Gaofen 5 [4,6]	EO (30m)	2,700kg	2018.05.08
Gaofen 6 [4,6]	EO (2m)	1,064kg	2018.06.02
Gaofen 7 [4,6]	EO (ND)	2,400kg	2019.11.03
Gaofen 8 [4,6]	EO (2m)	(ND)	2015.06.26
Gaofen 9-1,2,3,4,5 [4,6]	EO (ND)	(ND)	2015.09.14 2020.05.31 2020.06.17 2020.08.06 2020.08.23
Gaofen 10,10R [4,6]	EO (ND)	(ND)	2016.08.31 (Fail) 2019.10.04
Gaofen 11,11-02 [4,6]	EO (ND)	(ND)	2016.07.31 2020.09.07
Gaofen 12 [4,6]	EO (ND)	(ND)	2019.11.27
Gaofen 13 [4,6]	EO (15m)	(ND)	2020.10.11
Gaofen DM [4,6]	(ND)	(ND)	2020.07.03

2.1.1.8 일본

일본은 2008년에 위성의 군사적 이용을 합법화하는 우주기본법을 제정하며, 미사일 발사를 탐지하는 조기경보위성과 지구관측위성을 도입한다는 구체적 계획도 포함하였다. 지구관측위성은 이미 보유하고 있으며, 조기경보위성 및 독자 위성항법체계 보유가 본격화되고 있다[2,3].

일본은 2003년에 지구관측위성 IGS(Information Gathering Satellites) 광학 1호와 레이더 1호를 함께 발사하는 데 성공하였다. 이후 IGS 위성 시리즈는 Table 14와 같이 총 광학 1~7호, 3V호, 5V호와 레이더 1~6호, 예비호까지 발사되었으며, 현재 광학 5~7호, 레이더 3~6호가 운영되고 있다[4,5,12].

Table 14. Recent military earth observation satellite projects of Japan

Satellite	Payload (Resolution)	Wet mass	Launch date
IGS Radar-2 [4,5,12]	SAR (1~3m)	1,200kg	2007.02.24
IGS Optical-3V/3/4/5V [4,5,12]	EO (0.6m)	850kg (ND)	2007.02.24
	EO (0.6m)	1,000kg	2009.11.28
	EO (0.6m)	1,000kg	2011.09.23
	EO (ND)	1,000kg	2013.01.27
IGS Radar-3/4/Spare [4,5,12]	SAR (1m)	1,000 ~ 1,400kg	2011.12.12 2013.01.27 2015.02.01
IGS Optical-5/6 [4,5,12]	EO (0.3m) (0.3m)	1,000kg (ND)	2015.03.26 2018.02.27
IGS Radar-5/6 [4,5,12]	SAR (0.5m)	(ND)	2017.03.17 2018.06.12
IGS Optical-7 [4,5,12]	EO (0.3m)	(ND)	2020.02.09

Table 15. Recent civil earth observation satellite projects of Japan

Satellite	Payload (Resolution)	Wet mass	Launch date
ALOS [4]	EO (2.5m)	4,000kg	2006.01.21
ALOS 2 [4]	SAR (1m)	2,120kg	2014.05.24
ASNARO-1 [4,5]	EO (0.5m)	495kg	2014.11.06
ASNARO-2 [4,5]	SAR (1m)	570kg	2018.01.17
ALOS 3 [4]	EO (0.8m)	3,000kg	2021(Plan)
ALOS 4 [4]	SAR (ND)	3,000kg	2021(Plan)

일본의 대표적인 민간 지구관측위성으로는 Table 15와 같이 ALOS 위성과 ASNARO 위성이 있다. ALOS(Advanced Land Observation Satellite) 위성은 “Daichi”라고도 불리며, 지도 제작, 지역 관측, 재난 모니터링 및 자원 조사 등을 위해 개발되었으며, 2006년에 1호 발사를 시작으로 현재 2호까지는 발사하였고, 3호는 2021년 발사예정이다. ALOS 1호는 일본 우주 개발 사업단인 NASDA(National Space

Development Agency of Japan)이 운영하였으며, 2호부터는 일본의 항공우주연구개발기구인 JAXA(Japan Aerospace Exploration Agency)에서 운영되고 있다. ASNARO (Advanced Satellite with New system Architecture for Observation) 위성은 소형 지구관측 위성으로 2014년에 초고해상 전자광학 장비를 탑재한 1호를 발사, 2018년에 수동형 SAR 장비를 탑재한 2호를 발사되었으며, 현재 3호도 개발 중이다[4,5].

2.1.2 우주 선진국의 민/군 지구관측위성 향후 개발 방향 예측

미국의 SkySat사, Capella Space사와 같이 최근 민간 기업에서 초소형급 위성을 대량으로 발사하여 군집비행(Constellation flight)을 통해 지구를 관측하는 위성 개발이 증가하고 있다. 과거에는 민/군 기관의 수요로 인한 고성능, 고가의 중대형급 위성을 개발하고 운용한 반면, 최근에는 중대형급 위성 대비 저가, 저성능 관측 기능을 탑재한 초소형급 위성의 개발뿐만 아니라 산업화 측면에서 위성 운용도 민간기업 주도로 수행되고 있다[13]. 고성능 및 높은 신뢰도를 확보하기 위해 개발되는 중대형급 위성과 달리 초소형급 위성은 수명이 짧은 대신 개발 측면에서 높은 자율성을 지니며, 최신 기능의 우주 시연/적용 및 개발비용 절감을 목표로 개발되고 있다.

동일한 설계의 다수 위성 개발에서는 점진적인 양산 시스템 완성을 위해서 개발초기 시험위성에 우주에서 검증되지 않은 구성품/부품을 필요에 따라 탑재한다. 또한 기존 중대형급 위성을 개발할 때 지상에서 수행되었던 환경시험 등의 절차를 단축 및 생략하고 우주에서의 실제 운용 환경시험을 통하여 양산 시스템 개발의 프로세스를 정립한다. 이를 통하여 개발비용 및 개발 시간을 단축시킬 수 있다[14]. 또한 일반적으로 시험위성의 경우 단독발사를 수행되지 않고 다른 위성과 동반발사를 수행되며, 양산 시스템을 구축한 후에는 다수의 위성을 동시에 발사하기 때문에 위성 한 기당 발사비용을 절감할 수 있다.

우주 선진국에서는 다수의 초소형급 위성으로 획득한 영상 정보를 융합하여 고성능 영상정보 및 짧은 주기의 시계열 분석을 통한 부가정보 등과 같은 고급 정보를 획득하는 기술을 발전시키고 있다. 또한 거대 위성군(Mega Constellation)을 지상에서 운용할 수 있는 방안과 다수의 위성이 궤도상에서 분산 의사 결정을 할 수 있는 자율화 하드웨어/소프트웨어 기술 등을 발전시키고 있다[15].

영국의 OneWeb사와 미국의 SpaceX사는 통신위성의 거대 위성군을 개발하는 중이다. OneWeb사는 648기의 OneWeb 시리즈 위성을 개발하는 목표로, 2019년에 첫 발사를 시작으로 현재까지 218기의 위성을 발사하였으며, SpaceX사에서 개발하는 Starlink 시리즈 위성은 2018년에 첫 발사를 시작으로 현재까

지 약 1,750기가 발사되었다[5]. 이처럼 거대 위성군을 구축하기 위해 민간 기업들은 위성을 대량으로 양산하는 시스템을 구축하였으며, 지구관측위성도 대량의 위성을 개발할 경우 위성을 양산하는 시스템이 구축할 것으로 예상된다. 따라서 최근 우주 선진국에서는 지구관측위성으로 초소형급 위성을 개발하고 발전시키는 추세를 보이고 있다[13].

하지만 초소형급 위성의 발전에도 불구하고 위성의 영상품질 보증을 위한 기준으로 고정밀 관측 기술이 적용된 중대형급 위성은 여전히 필요한 상황이다[13]. 또한 초소형급 위성 개발은 중대형급 위성 개발에 비해 상대적으로 짧은 기간에 발전되었기 때문에 짧은 위성 수명에 따른 빈번한 교체주기 및 고장빈도, 거대 위성군 시스템 교체를 위한 새로운 거대 위성군 구축을 위한 소요비용 및 개발시간 등에 대한 분석이 필요하다. 따라서 초소형급 위성은 중대형급 위성의 장단점과 비교하여 사용목적에 맞게 개발되어야 할 것으로 판단된다. 향후 지구관측위성은 중대형급 위성의 고성능 영상정보와 초소형급 위성의 실시간 영상정보를 융합하여 다양한 사용자들의 요구를 만족할 수 있도록 개발될 것으로 예측된다.

2.2 국내 지구관측위성 개발 동향

2.2.1 국내 정부주도 지구관측위성 사업 사례

국내 지구관측위성 개발은 사업성 및 특수성으로 인하여 정부주도 사업이 대부분이다. 우리나라의 군 지구관측위성 사업은 현재 개발 중인 425사업이 있으며, 민간 지구관측위성은 대표적으로 Table 16과 같이 다목적실용위성(KOMPSAT) 시리즈가 있다. 국가우주개발 중장기계획에 따라 1995년부터 다목적실용위성을 개발하기 시작하였다.

다목적실용위성 1호는 1999년에 발사된 국내 최초의 실용급 위성이다. 해외 위성 개발 산업체로부터 주요 부품에 대한 핵심기술을 공동개발 형태로 전수 받았다. 다목적실용위성 1호가 획득한 영상은 국토관리, 지형조사, 지도제작 등의 분야에서 활용됐다. 다목적실용위성 1호는 당초 설계 수명이었던 3년보다 2배 이상인 8년 동안 임무를 수행하였다[16].

다목적실용위성 2호는 2006년에 발사되었으며, 인공위성 본체의 설계·제작·조립·시험에 이르는 과정을 국내에서 개발한 위성이다. 다목적실용위성 2호의 해상도는 1호 대비 약 40배 이상 향상되었다. 다목적실용위성 2호의 설계 수명은 3년이었으나 임무기간 연장을 거쳐 총 9년 동안 임무를 수행했으며, 현재도 수명이 종료되기까지 궤도수정, 영상품질 실험 등 차세대 위성기술 연구개발에 활용되고 있다[16].

다목적실용위성 3호는 2012년에 발사되었으며, 해상도 0.7m급 전자광학카메라가 탑재되었다. 다목적실용위성 3호는 자세기동을 통하여 다중지역촬영, 스테레오 영상촬영, 광대역 촬영 등이 가능하다[16].

Table 16. Recent civil earth observation satellite projects of South Korea

Satellite	Payload (Resolution)	Wet mass	Launch date
KOMPSAT-1 [16]	EO (6.6m)	469kg	1999.12.21
KOMPSAT-2 [16]	EO (1m)	798kg	2006.07.28
KOMPSAT-3 [16]	EO (0.7m)	800kg	2012.05.17
KOMPSAT-5 [16]	SAR (1m)	1,400kg	2013.08.22
KOMPSAT-3A [16]	EO/IR (0.5m)	1,100kg	2015.03.25
KOMPSAT-6 [16]	SAR (0.5m)	1,750kg	2021(Plan)

다목적실용위성 5호는 2013년에 발사된 위성으로, 국내 최초로 영상레이더를 탑재해 전천후 지구관측이 가능하다. 마이크로파를 지상에 쏘아 반사된 신호를 합성하여 영상을 만들기 때문에 구름이 있거나 햇빛이 없는 야간에도 지구관측이 가능하다. 다목적실용위성 5호는 다목적실용위성 3호, 3A호의 고해상도 광학영상 및 적외선영상과 상호 보완적으로 활용되고 있다. 다목적실용위성 5호가 발사하는 레이더는 땅 속을 투과하거나 물, 기름에 잘 반사되는 특성이 있어 홍수, 가뭄, 산불, 지진, 해양 기름유출 등 재난 재해 상황에 신속한 대응이 가능하다[16].

다목적실용위성 3A호는 2015년에 발사되었으며, 정밀 지상 관측을 위한 고해상도 전자광학카메라와 적외선 센서가 탑재된 위성이다. 주변과 온도차가 나는 산불, 화산 활동, 핵시설과 같은 공장 가동 여부, 도심 열섬과 같은 고온 현상을 포착할 수 있다[16].

다목적실용위성 6호는 2012년 12월 본격적인 개발을 시작했다. 국가 연구기관과 민간기업과 공동설계팀을 구축하여 위성본체와 부분체를 국내 독자 개발 중이다. 영상레이더는 다목적실용위성 5호 개발을 통해 확보한 영상레이더 설계기술을 바탕으로 해외업체로부터 기술자문과 일부 핵심 전장품 지원을 받아 국내 주도로 개발 중이다[16].

2.2.2 민/군 위성 개발 협력 현황

우주 선진국의 지구관측위성 개발 사례에서 볼 수 있듯이 민/군 공동개발/활용 하는 사례를 제외한다면 지구관측위성은 민간용 및 군사용으로 구분하여 개발하는 사례가 대부분이다. 국내는 2.2.1절과 같이 다수의 민간 지구관측위성 운용되고 있으나 현재 운용 중인 군 지구관측위성은 없으며, 2018년부터 개발 중인 425사업이 유일하다. 국내 위성 개발 사업은 우

주개발진흥법에 따라 우선적으로 계획되고 추진방향 및 착수 여부가 결정된다.

민/군 위성 개발의 협력은 다른 민/군 협력사업과는 다른 점이 많다. 지구관측위성은 부처 간 다른 법제 및 제도적 차이로 인하여 사업기획부터 개발에 다른 민/군 협력사업과 동일한 프로세스를 적용하기가 현실적으로 어렵다. 과학기술 증진 및 개발을 목표로 하는 우주개발중장기계획과 군사적 사용 및 군의 획득절차를 목표로 하는 무기체계획득은 추구하는 방향이 다르기 때문이다.

또한 군 활용을 위한 지구관측위성은 전시 상황을 위한 운용개념, 장비 및 절차를 적용해야 하므로 동일한 위성을 민/군이 사용한다고 가정하더라도 운용 측면에서는 엄연히 다른 방향성을 지닌다.

기술적인 측면으로는 우주 선진국과 같이 군에서 개발한 우주기술을 민간으로 이전하는 사례가 조사되었으나 국내는 민간에서 먼저 우주개발을 시작함에 따라 선진국의 사례를 국내 실정에 적용하기 힘들다. 국내는 민간에서 사전 개발된 우주기술의 군 이전이 필요한 반면, 군 특수임무를 위한 기술 등 정책적으로 민간에서 개발이 어려운 기술은 군에서 확보해야 한다. 따라서 한정된 예산 및 자원 하에 다양한 우주자산과 인프라를 확보하기 위해서는 민/군의 협력을 통한 상호상생이 필요하나 현재까지 우주기술 분야에서의 정책/기술적 교류는 미흡하다.

2.2.3 민/군 위성 개발 추진 방향

우리나라는 그동안 다양한 위성사업과 무기체계사업 등을 통해 민과 군에서 각각 목적에 맞는 우주기술을 개발하고 축적해 왔다. 민간 분야에서는 위성체 제작 및 시험과 관련한 인프라와 위성 운영의 경험을 통해 지식과 노하우를 확보하였다. 국방 분야에서는 인공위성뿐만 아니라 함정, 항공기 등 무기체계에서 사용하는 SAR, EO/IR 센서의 연구개발을 지속적으로 수행함으로써 위성의 탑재체 관련 기술들을 축적해 왔으며, 대형 체계사업을 통해 무기체계의 체계 통합 및 시험평가 능력을 보유하였다.

지금까지 정부 주도의 대형 위성 개발 사업은 민/군 구분 없이 사용자가 요구하는 시스템을 개발기관이 개발하여 사용자에게 이전해왔다. 그러나 우주개발 기술은 민/군 공통적인 기술 요소도 있지만 그 기술을 적용하여 개발되는 시스템은 민과 군에 따라 용도가 극명하게 다르기 때문에 목표로 하는 핵심기술요소나 체계외부 시스템들과의 연동 기술 등은 차이가 있을 수 있다.

따라서 위성 개발은 사용자 및 운용기관에 따라서 해당 상위 부처에서 사업 기획 및 주관을 해야 하며, 해당 부처의 획득절차에 따라서 시스템이 확보되어 책임성이 명확해야 한다.

국내 민과 군에서 보유한 우주개발 관련 기술은 각각 기관의 소유가 아니라 국가적 자산으로 보아야

하며, 국가적 차원에서 우주개발 역량을 집중하고 중복 투자를 최소화하기 위한 민/군 협력방안이 강구되어야 할 것이다.

따라서 사업주관 부처는 민/군 구분 없이 기술협력을 통하여 목적에 부합하는 위성체를 개발할 수 있도록 개발 방안을 판단할 수 있어야 하며, 개발기관 및 개발기관의 상위 부처들도 국가의 우주개발 증진을 위하여 적극적인 협력이 필요하다.

III. 결 론

본 논문은 우주 선진국인 미국, 러시아, 프랑스, 독일, 이탈리아, 이스라엘, 중국 그리고 일본의 민/군 지구관측위성의 최근 사례를 조사하였으며, 이를 바탕으로 우주 선진국의 지구관측위성 개발의 방향을 예측하였다. 나아가 국내 민/군 지구관측위성 사례를 조사하였으며, 국내 민/군 위성 개발 협력 현황과 추진 방향에 대해 기술하였다.

우주 선진국의 지구관측위성 개발 사례를 조사한 결과 과거에는 지구관측위성을 중대형급 위성 위주로 개발하였지만, 최근에는 위성군을 이루는 초소형급 위성을 발사하여 다양한 사용자의 요구를 만족할 수 있도록 지구관측위성이 개발되고 있다.

국내 지구관측위성 개발은 사용자 및 운용기관에 따라서 해당 상위 부처에서 사업 기획 및 주관을 해야 하며, 해당 부처의 획득절차에 따라서 시스템이 확보되어야 한다. 또한 위성 개발의 사업주관 부처 및 개발기관은 국가의 우주개발 증진을 위하여 적극적인 협력이 필요하다.

References

- 1) The Korean Astronomical Society, <http://wiki.kas.org>
- 2) Korea Association for Space Technology Promotion, <http://kasp.or.kr>
- 3) Defense Technology Information Service, <http://dtims.dtaq.re.kr>
- 4) Gunter's Space Page, <https://space.skyrocket.de/index.html>
- 5) Wikipedia, <http://www.wikipedia.org>
- 6) eoPortal Directory, <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions>
- 7) The European Space Agency, <https://earth.esa.int/eogateway/missions/skysat>
- 8) Russian Space Web, <http://www.russianspaceweb.com>
- 9) Chandrashekar, S. and Perumal, S., "China's Constellation of Yaogan Satellites & the Anti-Ship

Ballistic Missile - An Update," *International Strategic & Security Studies Programme (ISSSP)*, National Institute of Advanced Studies (NIAS), 2013, pp. 1~10.

10) Chandrashekar, S. and Perumal, S., "China's Constellation of Yaogan Satellites & the Anti-Ship Ballistic Missile - An Update," *International Strategic & Security Studies Programme (ISSSP)*, National Institute of Advanced Studies (NIAS), 2015, pp. 1~12.

11) Chandrashekar, S. and Perumal, S., "China's Constellation of Yaogan Satellites & the Anti-Ship Ballistic Missile - An Update," *International Strategic & Security Studies Programme (ISSSP)*, National

Institute of Advanced Studies (NIAS), 2016, pp. 1~15.

12) Encyclopedia Astronautica, <http://www.astronautix.com>

13) Mega-constellation satellites on the horizon, <https://www.dnv.com/to2030/technology/mega-constellation-satellites-on-the-horizon.html>

14) Lee, K. J., Oh, K. Y. and Chae, T. B., "Development and Application Status of Microsatellites," *Current Industrial and Technological Trends in Aerospace*, Vol. 17, No. 2, 2019, pp. 113~124.

15) Defense Advanced Research Projects Agency, <https://www.darpa.mil/program/blackjack>

16) Korea Aerospace Research Institute, <http://www.kari.re.kr>