

상용 지구관측위성의 군사적 활용성 연구: 북한의 대남 해양감시 이용을 중심으로*

김 현 중**

요 약

국제/국가 우주연구기관과 민간 우주기업들의 상용 지구관측 위성이 촬영한 영상은 원격탐사, 국토관리 등 민간영역에서 다양하게 활용되고 있으며, 국가영역으로 확장되어 동맹국에 대한 정보지원 및 외교적 수단의 일부로 이용되고 있다. 미국의 경우 우주군의 예비전력으로 편입하려는 움직임도 있다.

이러한 흐름은 북한도 예외가 아니다. 북한은 자신들의 정찰위성 체계 구축을 위해 노력하면서도 지구관측위성 영상의 국가정책 활용과 영상 처리기술에 대한 방법들을 연구하며 민간영역에서 획득될 수 있는 영상 정보의 활용성을 높이고 있다.

본 연구는 북한이 지구관측위성을 이용하여 영상정보 수집, 특히 한국과 한반도 해양감시에 이용할 수 있다는 문제의식에 따라 상용 지구관측위성의 군사적 활용 가치성을 평가하고 북한이 활용할 시 어떠한 영향이 있는지 분석하였다.

ESA의 Sentinel-1/2 위성을 표본으로 진행한 본 연구는 상용 지구관측 위성이 해군기지와 해양에서의 함대이동 감시와 같은 군사적으로 활용되기에 충분하며, 북한이 이용할 시 한국과 한반도 해양에 대한 감시가 가능할 것으로 평가되었으며, 이에 대한 한국의 정보수집 거부 노력이 필요할 것으로 보인다.

주제어 : 북한, 영상정보, 해양감시, 상용 지구관측위성

* 본 논문을 작성하는 과정에서 진심어린 조언을 해주신 익명의 심사위원분들에게 감사드린다.

** 대한민국 해군 소령, matecharles9159@gmail.com

I. 서론

우주 기반 감시체계는 많은 자본과 오랜 시간이 소요되기 때문에 정보기관과 군대의 전유물로서 여겨져 왔으나, 냉전 이후 국제/국가 우주연구기관과 민간 우주기업들에 의해 수많은 상용위성들이 쏟아지며 민간영역으로 확장되고 있다.

미국 항공우주국(NASA, National Aeronautics and Space Administration)의 Landsat 위성, 미국 해양대기청(NOAA, National Oceanic and Atmospheric Administration)의 VIIRS(Visible Infrared Imaging Radiometer Suite) 센서 영상, 유럽우주국(ESA, European Space Agency)의 Sentinel-1/2 위성과 같이 국제/국가우주연구기관에서 민간에 공개하는 상용 지구관측위성의 영상은 촬영 후 수 시간 또는 반나절 이내에 인터넷을 통해 영상이 배포되어 연구기관, 언론 등에 의해 활용되고 있다.

미국 Planet Labs, Digital Globe와 같은 민간 우주기업들은 고해상도 위성영상을 민간기업, 그리고 연구기관 등 제한된 고객들에게 판매하며 우주 기반 감시능력을 제공하고 있다.

또한, 상용위성은 국가영역에서도 많이 활용되고 있다. 국가기관의 입장에서 부족한 예산과 감시능력 보완, 그리고 국가정찰 능력을 은폐하면서 동맹국과 비교적 자유로운 정보협력과 외교적 활용에 이용할 수 있다는 장점은 매력적으로 여겨졌고 현재 많은 국가들이 상용위성 영상을 외교와 군사 등 다양한 분야에서 활용하고 있다.

예를 들어 미국과 러시아는 시리아 내전에서 위성영상을 적극 활용하여 자국의 외교정책 수행의 근거로 활용해왔는데 미국은 2012년 당시 시리아 정부군의 대량학살 정황이 담긴 상용위성 영상을 공개하여 외교활동에 활용한 바 있으며, 러시아는 2019년에 미국의 시리아 석유 밀수의혹을 주장하며 관련 군사위성 영상을 공개하며 외교활동에

활용한 바 있다(Hosenball 2012, Tsukanov 2019).

여기에 우크라이나 전쟁 발발 이후 미국과 미국의 동맹국은 상업용 저궤도 영상 구매를 두 배 늘렸으며, 캐나다 우주기업 MDA는 RADARSAT-2가 촬영한 영상을 우크라이나 정부에 제공하고 있다(박시수 2023; Siegel 2022).

한편, 미국은 민간 우주기업의 상용위성을 우주군의 예비전력으로 서 편입하려는 움직임을 보이며, 유사 시 상용위성을 국가의 정보력, 군사력으로 포함시키려는 움직임을 보이고 있다(Poling 2023).

이렇듯 민간영역의 상용위성은 원격탐사를 통한 국토관리, 재해감시 등 경제적·과학적으로 활용되고 있지만, 본래 국가 정책수행 지원을 위한 목적으로 개발된 위성의 특성상 국가기관에 의해 활용되며 군사 및 외교적 수단으로도 이용되고 있다.

상용위성 활용에 대한 노력은 북한에서도 이뤄지고 있는데, 북한은 2023년 12월에 해상도 1~3m의 전자광학(EO, Electro-Optical) 센서를 탑재한 정찰위성 만리경-1호의 발사에 성공하며 우주 기반 감시체계 구축을 위해 노력하면서도 김일성종합대학과 같은 연구기관에서 상용 지구관측위성 영상의 활용도를 높이기 위한 다양한 연구를 진행 중에 있다(리차드 김 2023).¹⁾

그러나 북한이 보유한 단 1기의 정찰위성만으로 적시적이고 충분한 정보, 정찰, 감시(ISR, Intelligence Surveillance and Reconnaissance)를 수행할 수 없기 때문에 북한은 정찰위성의 추가 발사에 전력을 쏟고 있으나 많은 자본과 시간이 소요되는 위성발사의 특성상 완전한 체계 구축에는 상당한 시일이 소요될 것으로 예상된다.

이에 북한은 자신들의 감시체계가 구축되기까지 감시공백 문제를 부분적으로 해소하면서 체계구축 이후에도 보완해줄 수 있는 수단이 필요한 상황이며, 상용 지구관측위성이 그 대안으로서 이용될 가능

1) 북한의 상용 지구관측위성 수집 영상의 활용현황에 대한 세부 내용은 IV장을 참고

성이 높다.

북한의 이러한 활동은 두 가지 목적에서 중요성을 가진다. 먼저 정찰위성과 상용위성의 결합은 북한의 약점인 영상정보 수집 능력을 향상시키며, 한국과 미국, 그리고 동북아시아 역내 미국의 동맹국들에 대한 정보감시를 수행하여 북한군의 효율적인 운용을 지원할 수 있다.

또 다른 중요성은 북한군의 전략/전술미사일과 대구경 방사포, 그리고 핵무인수중공격정과 같은 핵 투발수단의 타격지원을 위한 고가치 표적정보를 제공할 수 있는 점이다. 우주 기반 감시체계는 한반도 전역은 물론이고 일본과 괌 등의 미국의 주요 해외기지에 대한 표적정보를 제공할 수 있으며, 북한군으로 하여금 고가치 표적을 분류 및 선정하고 타격할 수 있게 만들 수 있음을 의미한다.

특히, 미국과 미국의 주요 동맹국들은 해양세력으로 한반도에 영향력을 미칠 수 있는 가장 핵심적인 통로는 해양이다. 북한은 한국과 세계를 이어주는 통로이자 자신들의 적대세력이 진출할 수 있는 주요 해로에 대한 감시에 많은 노력을 기울일 것으로 보이며, 이러한 맥락에서 김정은은 2022년 3월에 국가우주개발국을 방문하여 정찰위성 개발 목적을 한반도뿐만 아니라 일본과 태평양 상에서의 미국과 그 동맹국의 군사활동을 감시하고, 북한군에 제공하는 것임을 명확히 하였다(정래원 2022).

여기에 2024년 북한과 러시아간 포괄적 전략 동반자 협정이 체결됨에 따라 러시아의 우주기술이 적용될 것으로 예상되는 북한의 우주 기반 감시능력과 전략·전술 핵 투발수단과 결합된다면 장차 한국과 역내 해양안보 위협으로 자리 잡을 것이다(조선중앙통신 2024). 본 연구에서는 이 같은 문제인식에 근거하여 상용위성의 군사적 활용을 북한의 대남 해양감시 이용을 가정하여 살펴보고자 한다.

II. 선행연구 및 개념검토, 연구방법

1. 선행연구 검토

정찰위성과 상용위성을 포괄한 우주 기반 감시체계에 관한 연구는 국내와 해외를 막론하고 활발한 편이다. 민간에 공개된 상용 지구관측 위성 촬영영상을 활용하거나 민간우주기업 상용위성 영상을 제공받아 해양표적을 식별하는 방법을 제시하는 이공분야 연구가 있으며, 이를 해양감시에 활용하여 해양안보의 일부로 적용한 사회과학분야가 융합된 연구들이 있다.

먼저, 상용 지구관측위성의 이공분야 연구에 있어서 전우진 외(2021)는 유럽우주국의 Sentinel-2A 위성의 전자광학 영상을 활용하여 선박과 선박 항행 간에 발생하는 후류에 대한 탐지방안을 연구하였고, 서기석 외(2020, 1-2)는 Sentinel-1 위성의 합성개구레이더(SAR, Synthetic Aperture Radar) 영상에서 딥러닝을 이용한 선박 식별 방안을 제시하는 등 위성을 이용한 해양에서의 상선 식별 위주의 연구들이 주로 이뤄졌다.

이러한 우주 기반 감시체계를 해양에 적용하여 위성이라는 원거리 감시수단을 통해 해양에서 기름유출과 같은 환경재해, 비정상적 상선 활동 감시와 같은 실용적 부분에서의 연구, 그리고 위성을 이용한 감시정찰 측면에서 바라본 군사전략적 분야의 연구들이 있다(배학영 · 임경한 2022, 4-6; Soldi et al 2021)

한편, 북한의 우주 기반 감시체계 연구는 미진할 수 밖에 없는데, 2012년과 2016년에 발사에 성공한 광명성-3호 2호기와 광명성-4호는 궤도에는 안착했지만 지상과 상호작용이 없는 폐위성으로 간주되어 북한의 우주역량 자체가 구축되지 않아 연구가 진행될 수 없는 환경

이기 때문이다(조상진 2023). 그러나 최근 북한이 만리경-1호 발사에 성공하고 후속 정찰위성 발사를 수차례 시도하고 추가 발사를 공언함에 따라 관련된 연구가 점진적으로 증가되고 있다.

박상중(2023)은 국방우주 안보체계를 논하면서 다목적 실용위성의 활용성을 언급하였으나 북한의 우주능력에서는 상용 지구관측위성 활용을 언급하지 않은 아쉬움이 있다. 홍건식·이성훈(2023, 6-10)은 김정은 시대의 북한의 우주능력을 평가하면서 북한의 자체 능력 확보를 중점으로 연구하였으나 마찬가지로 상용 지구관측위성의 활용에 대해서는 다루지 못한 아쉬움이 있다.

본 연구는 의의는 다음과 같다. 첫째, 상용위성을 이용한 해상표적 식별 연구를 보완한다. 기존 이공분야에서 이뤄진 상용위성을 이용한 선박식별은 상선 위주의 식별을 중심으로 이뤄져 함정 식별에 대한 연구가 미비하다. 본 연구는 이러한 점을 보완하여 정박한 또는 이동 중인 함정에 대한 상용위성의 식별 가능성을 검토하였다.

두 번째, 상용위성의 군사적 활용 가능성을 검토하였다. 상용 지구관측위성은 중해상도로 지상표적 식별이 제한되기 때문에 한국 함참과 전문가 일부는 만리경-1호(해상도 3m)조차도 군사적 효용이 없다고 판단하였다. 하지만 지상보다는 해양감시에 활용될 시에는 제대로 검토된 바가 없어 해양감시에 활용될 시 어떠한 군사적 효용성이 있는지 확인하였다.

마지막으로 본 연구는 상용위성의 군사적 활용성과 만리경 1호의 재방문 주기와의 연계성을 검토하여 북한의 대남 해양감시 능력을 간접적인 방법으로 확인하고, 북한의 우주능력 연구에 상용위성 활용성을 포함시키는 동시에 한국의 해양안보에 미치는 영향을 평가하여 한국군의 대응을 제시하는 데 의의가 있다 할 수 있다.

2. 정보와 영상정보, 그리고 위성영상

가) 정보와 영상정보의 정의

정보(Intelligence)는 외국 또는 적대적이거나 잠재적 적대세력, 실제 또는 잠재적 작전 영역에서 이용 가능한 정보(Information)를 수집, 처리, 평가 및 분석, 해석한 생산품이자 그 생산품을 만드는 활동, 그리고 그러한 활동을 수행하는 조직으로 정의되고 있다(U.S.AIR FORCE 2023, 2).

영상정보에서 영상(Imagery)이란 인간정보 수집기관 또는 그를 대신 하여 촬영된 휴대용 또는 비밀 사진을 제외하고 인공위성과 유무인 항공기 또는 기타 유사한 수단에 의해 수집된 자연적 또는 인공적 특징 또는 관련 대상이나 활동의 형상 또는 표현이 획득된 데이터라고 규정하고 있으며, 영상정보(Imagery Intelligence)는 이러한 영상의 해석 또는 분석을 통해 도출되는 정보라고 정의할 수 있다(NGA 2006, 7).

영상정보는 군사작전 지원을 위해 크게 세 가지의 기능을 지원한다. 첫 번째, 영상정보는 일반적인 군사정보와 정보정보의 구성요소의 하나로서 국가의 군사적, 외교적 또는 경제적 이익 등에 위협이 될 수 있는 외국과 적대세력의 발전을 탐지하고 외국군대의 과학적, 기술적 발전과 능력을 감시하는 것을 지원한다. 또한 위협이 증가하거나 상대 자산의 전술적 위치가 크게 증가할 수 있음을 경보하여 상황인식(SA, Situational Awareness)을 지원한다.

두 번째, 작전 환경(OE, Operational Environment)에 대한 포괄적인 인식을 제공한다. 영상정보는 관심 있는 움직임을 추적하고 토지 및 지원시설, 비행장 및 항만활동을 감시하며 작전환경을 시각화한다. 이러한 활동은 공통작전상황도(COP, Common Operational Picture)에 통합되고, 영상정보는 모든 정보 및 운영 데이터를 시각화할 수 있는

지리 공간적 기반을 제공한다.

마지막으로 임무 계획 수립 및 지휘통제를 지원한다. 영상정보는 임무 계획수립, 연습 및 실행, 임무진행 상황의 평가, 임무 수행을 위한 적절한 병력 배분을 지원하는 밑바탕을 제공할 수 있으며, 특정 목표를 타격하기 위한 표적정보 생산을 위해 부수적 피해 추정, 전투피해평가 등 군사작전의 표적처리 전 과정을 지원한다(U.S.JCS 2017, I-5).

영상정보는 <그림 1>과 같이 크게 두 가지 수단으로 획득될 수 있다. 제1차 대전부터 본격적으로 운영된 전통적인 영상정보 수집 수단인 항공기가 있으며 최근 무인기로 그 역할이 확대되고 있다. 또 하나의 수집수단은 위성으로 1960년대 미국과 소련의 우주경쟁의 산물로서 등장하였으며 현대에도 지속 발전되어 군사작전과 정부정책 지원을 위한 역할을 수행하고 있다(U.S.AIR FORCE 2023, 26-27; Kovarik 2011, 8-10).

<그림 1> 영상정보 수집 수단

		
한국공군 RF-16 유인정찰기	미국공군 RQ-4 무인정찰기	미국 KH-11 정찰위성
유·무인 항공기		위성

출처: 최경선 2014; Day 2019.

앞의 수집수단을 통해 획득되는 영상은 탑재센서에 의해 달라질 수 있다. 영상은 전자광학 센서로 주로 수집되며 가시광선 특성상 구름과 같은 기상요소의 영향을 많이 받는다. 이를 극복하기 위해

레이다 반사파를 이용해 영상을 형성하는 합성개구레이다(SAR, Synthetic Aperture Radar)가 등장하였으며 다양한 조건에서의 영상 획득을 위해 다중분광(Multi-Spectral)과 적외선(IR, Infrared Radiation) 같은 센서들을 이용하고 있다(NGA 2006, 19-20). <그림 2>는 EO영상과 SAR 영상의 대표적인 예다.

<그림 2> EO 및 SAR 영상의 예



출처: Brumfiel 2022; Hitchens 2023.

나) 수집수단으로서 위성과 상용위성의 활용

위성은 항공기와 달리 지형과 군사적 위협, 기상영향에 제한받지 않고 지구 표면의 광범위한 영역에서 영상을 획득할 수 있다. 위성을 궤도에 안착시키기 위해 많은 자본과 노력이 들어갔기 때문에 과거에는 국가, 특히 정보기관과 군에서 보유한 정찰위성들이 대다수였으나, 현재는 NASA와 같은 국가우주연구기관과 민간우주기업들에 의해 운영되는 상업용 위성을 통해 위성으로 수집된 영상들이 제공되고 있다.

정찰위성은 특정 국가의 국가 이익과 안보를 지원하기 위해 영상을 수집하며 정보기관이나 군에서 영상을 판독 및 해석한 뒤 국가정보 및 군사정보에 활용되고 있다. 대표적으로 미국의 KH(Key Hole), 일

본의 IGS(Information Gathering Satellite), 그리고 프랑스 주도의 Helios과 같은 정찰위성 프로그램들이 있다(Kovarik 2011, 24-26).

상용위성은 1980년대 미국의 상용 지구관측위성인 LANDSAT 시리즈를 시작으로 1990년대 프랑스의 SPOT과 인도의 IRS, 그리고 미국 GeoEye의 IKONOS 위성 순으로 발전되어 왔으며, 현재 러시아나 남아프리카, 캐나다, 인도, 오스트레일리아, 이스라엘, 중국, 그리고 브라질 등의 회사나 정부기구들에 의해 제공되고 있거나 계획 중에 있다(슐스키 & 슈미트 2007, 53; Kovarik 2011, 18).

상용위성의 확산은 국가의 정보활동을 보완해주거나 자국의 정찰 능력을 훼손하지 않으면서도 동맹국을 지원할 수 있는 수단으로서 발전되고 있다. 정부는 민간기업이 촬영한 영상을 구입하여 영상정보와 관련된 수요를 일부 충족하는 동시에 상용위성 영상으로 충족되지 않은 분야에 대해 정보력을 집중시키며 제한된 자산의 효율적인 운영과 국가 역량의 강화를 꾀할 수 있다(슐스키 & 슈미트 2007, 53).

또한, 자국의 국가정찰 능력과 특성을 노출시키지 않으면서 상용 위성 영상을 동맹국에 공유하여 공통된 인식을 갖출 수 있다는 이점이 있다(NGA 2006, 18).

대표적인 사례로 러시아-우크라이나 전쟁에서 Maxar에서 촬영한 러시아군의 이동장면, 그리고 우크라이나 동부 마리우폴(Mariupol) 외곽의 대량 무덤의 위치와 변화 영상은 러시아-우크라이나 전쟁을 감시하는 서방의 정보요구를 충족시키는 활동이며, Planet Labs에서 관측 및 공개한 북한의 미사일 발사 장면은 한국과 미국의 정보요구를 충족시킬 수 있는 상용위성의 가치성을 증명한 대표적인 사례라고 볼 수 있다(Erwin 2022; Wall, 2019).

〈표 1〉 NIIRS 0-3 등급

구 분 (GSD)	EO(Visible)	SAR(RADAR)	IR	Multispectral
0단계	모호, 저하 또는 매우 낮은 해상도로 정보 가치성 없음.			
1단계 (9m ↑)	· 중간규모 항구 감지 · 대형비행장 활주로, 유도로 구분 등	· 항공기 분산구역 식별 · 부두와 창고 기준으로 항만시설 감지 등	· 대형비행장 활주로, 유도로 구분 · 해상에서 대형선박 탐지	· 도시와 농촌 구분 · 해안선 묘사, 물 위의 도로·철도교량 식별 등
2단계 (4.5-9m)	· 비행장 대형 격납고 · 해군시설의 창고 등 대형건물 감지	· 대형 폭작기/수송기 감지 · 항만 내 대형 상선 감지	· 대형 폭작기/수송기 감지 · 유형과 구성 기준으로 군함과 상업항 구분	· 다차선 고속도로 감지 · 색차이로 표시되는 물의 흐름·방향 확인
3단계 (2.5-4.5m)	· 모든 대형비행기의 날개 구성을 식별 · 항구 내 대형함선을 유형별로 식별	· 중형항공기를 감지 · 중형화물선의 상부 구조물의 위치 파악	· 대형항공기와 소형 항공기를 구분 · 대형화물선/유조선 구분	· 저수지 고갈 감지 · 해류가 흐르는 해안선을 파악

출처: FAS n.d.

정찰/상용위성으로 수집된 영상은 수집수단의 비행고도와 센서의 종류와 해상도에 따라 활용성이 달라진다. 미국 정보 공동체는 이러한 영상의 해석 가능성과 유용성을 정량화, 객관적인 기준을 제공하기 위해 1974년에 국가 영상 해석성 평가 척도(NIIRS, National Imagery Interpretability Rating Scale)를 발표하고 최신화시켜왔다. 각 센서별로 10단계의 척도로 분류되어 있으며 〈표 1〉는 0-3등급의 식별 척도이다.²⁾

2) 국제 및 국가우주연구기관에서 공공목적으로 민간에 무료로 제공되는 대부분의 상용 지구관측위성 영상의 해상도가 5m 이상인 점, 4-9단계는 서브미터(sub-meter) 전후의 영상해석 척도인 점을 고려하여 본 연구에는 수록하지 않았다.

다) 상용위성을 이용한 해양감시

상용 지구관측위성 영상을 활용한 해양감시는 국제/국가우주연구기관에서 위성 데이터들을 민간에 무료로 공개하면서 시작되었다. 미국 NASA/USGS의 Landsat, 유럽 우주국(ESA) Sentinel 등의 위성 데이터들이 민간에 공개되었으며, 해양영역에서 항만, 선박감시 및 탐지/추적, 해상 교통 모니터링 등 우주 기반 감시체계를 이용한 해양감시 기능을 제공하였다(Soldi et al 2021, 10).

상용 지구관측위성을 이용한 해양감시 연구는 다양하게 이뤄지고 있다. Sentinel-1 SAR 데이터를 이용한 해상표적 자동화 탐지에 관한 해외연구로 Sentinel-1 SAR 위성 데이터에서 해양물체를 추적할 목적으로 개발된 오픈 소스 소프트웨어 SUMO(Search for Unidentified Maritime Objects)가 있으며, 국내의 경우 위성 SAR와 AIS를 활용한 선박 탐지연구와 고해상도 광학 위성인 아리랑 2호의 영상(해상도 4m, EO)을 이용한 선박탐지 방법에 대해 연구된 바 있다(Grover et al 2018, 317; 박재진 외 2018; 이경엽 외 2012).

상용 지구관측위성 영상의 해양감시를 이용한 군사적 활용도 연구되고 있다. 중국의 상용 지구관측위성인 Gaofen-4 위성은 7000 × 7000km 영역 내 가시광선(EO) 해상도는 50m, 적외선 해상도는 400m로 항공모함을 포함한 대형 수상 전투함을 탐지하여 관심 지역에 대한 영구 감시기능을 형성하기에 충분하다고 간주되고 있다(Shabbir et al 2019, 108).

또 다른 예로 인도는 베트남의 해양감시 역량을 강화하고 남중국해에서 중국의 활동을 감시하는 것을 지원하기 위해 베트남 남부에 위성 추적 및 영상센터 건설을 추진하고 있다. 동 시설이 완공된다면 베트남은 인도가 보유한 11대의 다양한 해상도를 가진 인도의 상용 지구관측위성 영상을 수신하여 중국의 해군 기지, 해안 경비대 및 해군 작전 그리고 남중국해 영유권 분쟁 지역인 난사 군도에 새롭게 건설한 인공섬들에 대한 군사정보를 획득할 수 있다(Miglani et al 2016).

3. 연구범위와 방법

본 연구의 범위는 두 가지 제약을 안고 시작한다. 먼저 상용위성 접근과 능력의 제약이다. 국제/국가 우주연구기관과 민간 우주기업의 상용 지구관측위성을 포괄해야하나 제한된 고객에 서비스를 제공하는 민간우주기업의 영상은 접근할 수 없어 다루지 못하고, 국제/국가 우주연구기관의 지구관측위성만 연구수단으로 활용되었다.

여기에 상용 지구관측위성은 대부분 해상도 5-10m의 중해상도 위성 영상으로 정밀표적을 식별 및 감시가 필요한 지상 작전에 활용하는 것은 제한되기 때문에 대부분의 함정들이 10m 이상의 크기를 가진 해양을 감시하는데 적합하다고 판단되어 해양감시 측면에서 군사적 활용성을 연구목표로 선정하였다.

두 번째, 한국 법령에 의거한 제약이다. 한국군의 해군기지들의 위성영상을 해석 및 분석하는 것은 국가보안법, 군사기지 및 군사시설 보호법과 그 하위법령, 국방보안업무훈련 등에 저촉되어 연구할 수 없는 법적제약이 있다. 이에 한국 해군과 유사한 장비를 보유한 외국 해군기지들, 이미 활동해역과 위치가 공개되어 비밀로서 가치가 없는 한국해군의 공개행사 활동을 연구범위로 선정하였으며 세부 범위는 <표 2>와 같다.

〈표 2〉 상용 지구관측위성 연구 세부범위

구분	연구 지역		연구 대상
외국 군사기지	수상함기지	일본 Yokosuka, 중국 Yuchi	수상함(구축함), 강습상륙함
	잠수함기지	튀르키예 Gölcüke, 중국 Qingdao	209/214급 잠수함, 탄도미사일 발사 잠수함
	항 공 기 지	캐나다 Greenwood, 일본 Misawa	P-3/8 해상초계기
공개행사	21년 국군의날 행사(경북 포항)		해상에서의 함대 추적

연구에 활용한 상용 지구관측위성은 ESA의 Sentinel 위성군을 선택하였는데, 민간에 제한 없이 제공되는 상용위성 중 가장 해상도가 높고 10-12일의 재방문 주기를 가져 Landsat 9의 재방문 주기 16일보다 최소 4일이 짧다. 또한 Sentinel 위성은 SAR 영상도 같이 공개되어 군사적 활용도 평가 측면에서 더 적합한 것으로 판단했다.³⁾

본 연구는 먼저 제Ⅲ장에서 <표 2> 연구지역의 Sentinel-1/2 위성영상을 수집하고 수집영상을 판독하여 연구 대상의 식별 수준을 파악한다. 그다음 정찰위성과 상용 지구관측위성의 결합을 통한 상승효과 산출을 위해 가장 근접한 일자의 고해상도 위성영상과 비교 및 연계성을 확인하였으며, 정찰위성 대안으로는 Google Earth 위성영상을 활용한다. 그리고 <표 1>의 국가 영상 해석성 척도를 적용하여 해양 감시 수준과 군사적 가치성을 평가하였다.

제Ⅳ장에서는 북한이 상용 지구관측위성을 이용하여 대남 해양감시에 활용할 수 있는 준비가 되어 있는지, 그리고 활용한다면 그 영향은 어느 수준인지 평가하였다. 먼저 김일성대의 연구를 중심으로 북한의 상용 지구관측위성 활용 실태를 확인하여 대남 해양감시에 활용할 수 있는지 검토한다. 그다음 북한이 상용 지구관측위성들과 만리경-1호를 연계할 시 얻을 수 있는 정보, 정찰 및 감시의 연속성과 이점을 평가하였다.

마지막으로 결론에서는 제Ⅳ장에서의 결과를 토대로 북한이 상용 지구관측위성을 이용한 대남 해양감시를 수행할 경우 군사적 측면에서 한국의 해양안보에 미치는 영향성을 종합적으로 평가하였다.

3) 선행연구에서 Sentinel-1은 데이터의 개방성(무료), 짧은 재방문 시간 및 고위도 범위를 보장하는 극궤도로 인해 해양감시 임무에 적합하다고 평가되었다 (Soldi et al 2021, 16).

Ⅲ. 상용 지구관측위성의 해양감시 수준과 군사적 활용성

1. 상용 지구관측위성의 해양감시 수준

본 연구에서 상용 지구관측위성의 해양감시 수준을 평가하는 기준은 앞서 언급한 바와 같이 한국 해군이 보유한 함정 및 항공기의 식별 가능성에 있다.

먼저 수상함의 경우 한국 해군이 보유한 세종대왕급 구축함 등의 식별 수준평가를 위해 유사한 제원과 형태를 가지고 있는 주일미군 Yokosuka 기지의 Arleigh Burke급 구축함 등과 중국 Yuchi 기지의 Luyang-Ⅲ급 구축함 식별 가능성을 검토하였다.

잠수함의 경우 한국 해군의 209/214급 잠수함과 동급 함정이 배치된 튀르키예 해군의 Gölcüke 잠수함 기지에서 잠수함 식별여부를 확인하였으며, 도입 중인 도산 안창호급 잠수함의 식별 가능성을 확인하기 위해 탄도미사일 잠수함이 배치된 중국의 Qingdao 잠수함 기지와 한국 해군과 유사한 해양환경을 가지고 있는 북한 잠수함 기지를 추가로 확인하였다.

항공기는 P-3/8 해상초계기 식별능력을 확인하기 위해 P-3 해상초계기와 동급 기종을 보유하고 있는 캐나다 공군의 CP-140 해상초계기를, 전력화될 한국 해군의 P-8A 해상초계기와 동일 기종을 보유하고 있는 주일미군 Misawa 기지의 P-8 해상초계기 식별 수준을 확인하였다.

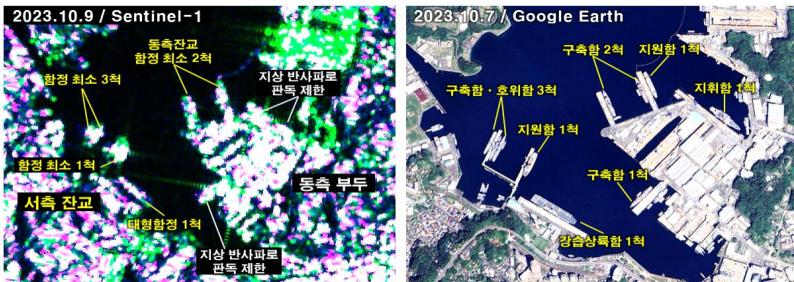
해상에서의 함대 이동의 경우 2021년 국군의 날 행사 시 포항 도구 해안 앞바다에 공개된 작전명 피스메이커에서 식별된 한국 해군의 상륙기동부대의 준비활동과 배진을 위성영상으로 확인하여 감시수준을 살펴보았다.

가) 수상함 기지

일본 Yokosuka 기지의 Sentinel-1 영상은 <그림 3>과 같이 지상시설과의 인접성 여부가 관건이었다. 지상시설과 인접한 기지서측 부두의 경우 표적 반사파가 지상시설 노이즈와 혼합되어 유의미한 가치를 나타내지 못하였다.

기지 동측잔교는 지상시설 노이즈 영향이 적어 다수 표적이 묻혀 있거나 대형표적이 위치한다는 점을 식별할 수 있었다. Google Earth 영상과 같은 고해상도 위성영상과 결합될 시 표적의 증감 또는 기지 내 위치 이동에 관한 첩보는 획득 가능할 것으로 보인다.

<그림 3> 일본 Yokosuka 기지의 Sentinel-1과 Google Earth 위성영상



출처: Map of Yokosuka, Japan 2023/10/9; Map showing location of Yokosuka, Japan 2023/10/7.

Sentinel-2 영상은 SAR 영상 보다 더 많은 유의미한 식별능력을 보였다. 먼저 대형함정의 함종(전투함, 지원함정) 구분과 기지 내 위치이동 또는 증감 현황들이 <그림 4>와 같이 식별할 수 있었다. 또한, Yokosuka 기지 근해에서 해상 보급을 수행하는 전투함의 활동도 Sentinel-2와 Google Earth 영상을 통해 식별할 수 있는데, 타 출처 첩보와 연계할 경우 더욱 가치성 있는 첩보로 활용될 수 있음을 보여준다.

〈그림 4〉 일본 Yokosuka 기지와 기지 근해 Sentinel-2 및 Google Earth 영상



일본 Yokosuka 기지 변화사항(2022/7/30-31).

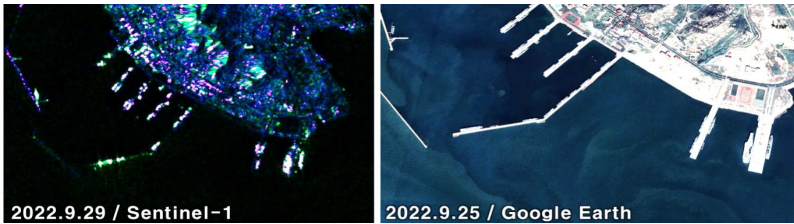


Yokosuka 기지 인근 해상보급 중인 전투함(동일위치)

출처: Map of Yokosuka, Japan 2022/7/31; Map of Sea near Yokosuka, Japan 2022/11/18; Map showing location of Yokosuka, Japan 2022/7/30; Map showing location of Sea near Yokosuka, Japan 2022/11/8.

중국 Yuchi 해군기지는 대부분 대형함정 위주로 정박한 점과 지상 시설과 충분히 이격된 부두 및 계류시설 배치로 함정 식별에 용이하였다. 먼저, Sentinel-1 영상은 아래 〈그림 5〉와 같이 대부분의 잔교가 이격되어 지상에서의 노이즈 영향이 적기 때문에 각각의 함정 위치 또는 수를 추산할 수 있을 정도로 명확히 식별되었다.

〈그림 5〉 중국 Yuchi 기지의 Sentinel-1 and Google Earth 영상



출처: Map of Yuchi, People's Republic of China 2022b/9/29; Map showing location of Yuchi, People's Republic of China 2022/9/25.

Sentinel-2 영상 또한 명확한 식별을 보이고 있다. 아래 〈그림 6〉과 같이 접안시설에 계류한 함정들이 다수 확인되며 중국 해군의 함정 제원과 배치기지 등을 대조 시 대략적인 함종에 대한 추정이 가능하다.

〈그림 6〉 중국 Yuchi 해군기지의 Sentinel-2 영상



출처: Map of Yuchi, People's Republic of China 2022a/9/23; U.S.ONI 2024.

또한, 〈그림 7〉에서 보이는 것과 같이 고해상도 위성영상과 결합 시, 각각의 함정을 세부 식별할 수 있음은 물론이고 기지 내부에서의 위치 이동이나 이탈, 또는 기지 근해 해상활동에 대한 명확한 감시가 가능할 것으로 보인다.

〈그림 7〉 중국 Yuchi 기지 근해 Sentinel-2 및 Google Earth 영상

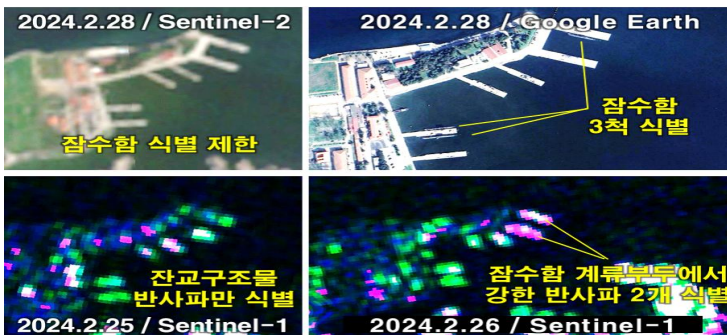


출처: Map of Sea near Yuchi, People's Republic of China 2020/5/1.; Map showing location of Sea near Yuchi, People's Republic of China 2020/5/1.

나) 잠수함 기지

튀르키예 Gölcüke 해군기지의 Sentinel-1/2 위성영상으로는 〈그림 8〉에서 확인할 수 있듯이 잠수함을 명확히 식별할 수 없었다.

〈그림 8〉 튀르키예 Gölcüke 기지의 Sentinel-1/2 및 Google Earth 영상



출처: Map of Gölcüke, Republic of Türkiye 2024a/2/25-26; Map of Gölcüke, Republic of Türkiye 2024b/2/28; Map showing location of Gölcüke, Republic of Türkiye 2024/2/28.

이는 선체 대부분이 접안시설보다 낮게 위치하고, 크기(전폭 약 6m)와 도색이 검정색인 잠수함 특성에 기인하여 Sentinel 위성의 중해상도 영상(SAR 5m/EO 10m)에서는 식별할 수 없었던 것으로 보인다. 다만, Sentinel-1 영상의 경우 반사강도에 따라 표적의 위치여부를 유추할 수 있는 특징을 확인하였다. 고해상도 영상과 결합될 경우 표적의 위치 유무를 확인할 수 있는 보완적 역할을 할 수 있을 것으로 예상된다.

다) 해군 항공기지

캐나다 Greenwood 공군기지의 Sentinel-1 영상은 인접한 항공기 지원 시설의 레이더 반사로 식별이 불가능하였다. Sentinel-2 영상은 <그림 9>와 같이 ‘항공기 형태의 어떠한 물체가 위치한다’ 라는 위치정보 제공이 가능하며, 고해상도 영상과 결합될 시 표적위치 정보를 확인할 수 있을 것으로 보인다.

2024년부터 한국 해군에서 운용될 P-8 해상초계기 또한 <그림 10>의 Misawa 주일 미 해군 항공기지 영상을 고려 시 P-3/8 모두 유사하게 노출될 것으로 예상된다.

<그림 9> 캐나다 Greenwood 공군기지의 Sentinel-2 및 Google Earth 영상



출처: Map of Greenwood, Canada 2023/7/30; Map showing location of Greenwood, Canada 2023/7/29.

〈그림 10〉 일본 Misawa 주일미군 기지 Sentinel-2 및 Google Earth 영상



출처: Map of Misawa, Japan 2023/8/10.; Map showing location of Misawa, Japan 2023/8/11.

라) 해상에서의 함대 추적

2021년 국군의 날 행사는 해군·해병대 중심의 합동 상륙작전을 시연하였으며, 국내에 몇 안되는 상륙기동부대 배진을 확인할 수 있는 중요한 행사다. 포항 도구해안에서 시행된 동 행사는 Sentinel 영상에서 준비활동(SAR, EO)과 행사 당일(EO) 위성영상이 다수 수집되었다. 먼저 Sentinel-2 영상은 〈그림 11〉과 같이 대형함정의 함중, 해상 돌격 제대의 위치 및 활동, 그리고 규모를 추정할 수 있다는 점을 확인하였다.

〈그림 11〉 포항 도구해안 2021 국군의 날 행사 Sentinel-2 영상

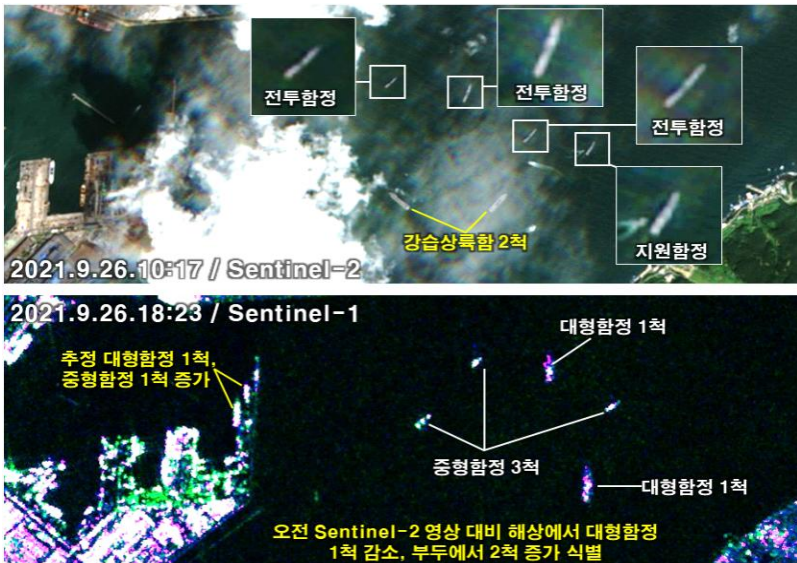


출처: KBS NEWS 2021; Map of Pohang, Republic of Korea 2021b/10/1.

Sentinel-1 영상은 <그림 12>에서 볼 수 있듯이 강습상륙함의 경우 형태가 뚜렷하게 식별되나 다른 전투함정의 경우 뾰족한 함수부분이 반사가 적고, 함교와 상부구조물이 집중된 함정 중단 부분에 강한 반사가 일어나 상세한 식별은 제한된다.

그러나 Sentinel-2 또는 다른 고해상도 영상과 결합될 경우 보완적으로 해양에서 함정의 활동을 추적 및 확인할 수 있어 군사적 활용가치성은 충분한 것으로 보인다. Sentinel-2 영상(10시 17분경)이 촬영된 이후 Sentinel-1 영상(18시 23분경)이 해당 해역을 재촬영함으로써 중첩된 감시를 통해 함정 활동 변화추이를 확인할 수 있다는 점은 첩보로서의 가치성을 증명한다고 볼 수 있다.

<그림 12> Sentinel-1/2 위성 영상에서 식별된 함대 위치 변화사항



출처: Map of Pohang, Republic of Korea 2021a/9/26.

2. 상용 지구관측위성의 군사적 활용 가능성

가) 해군기지에 대한 감시

Sentinel 위성이 촬영한 수상함 기지 영상을 검토한 결과 잠수함·항공기지와 비교하여 가장 우수한 식별능력을 보여주고 있다. 앞서 Ⅲ장에서 확인한 바와 같이 Sentinel-1 영상은 부두/잔교와 지상시설들이 인접할 경우 지상시설의 노이즈로 인해 함정의 명확한 식별이 제한되나, 부두시설이 지상과 충분히 이격되어 그 영향이 적을 경우 ‘어느 정도 크기의 표적’이 위치한다는 수준의 첩보를 확인할 수 있었다.

Sentinel-2 영상은 앞서 확인하였듯이 전투서열과 함정 식별 가이드를 이용하여 식별제원과 비교하여 표적유무 식별에 더 나아가 유형을 추정할 수 있었다.

또한, 기지 내 함정들의 위치이동 변화와 증감, 그리고 기지 근해 해상활동 여부에 대해 확인할 수 있었으며, 고해상도 위성영상과 중첩된 감시 또는 일일 간격으로 수집될 시 특정 활동에 대한 연속적인 감시 능력을 제공할 수 있다는 장점이 있다.

잠수함 기지의 경우에는 Sentinel-1 영상으로 잔교에 계류 중인 잠수함의 위치이동 또는 이탈 여부에 대한 추적이 제한적으로 가능한 것으로 평가되었다.

Sentinel-2 영상의 경우 잠수함이 수상함 대비 전폭이 짧고 도색이 대부분 검은색으로 수심이 깊고 바다의 색이 어두운 해역에서는 거의 식별이 불가능하였다. 다만, <그림 13>에서 확인할 수 있듯이 바다의 색과 잠수함의 도색의 차이, 그리고 식별되기 쉬운 위치에 계류 또는 활동할 시 제한적인 식별이 가능할 것으로 확인된다.

〈그림 13〉 중국 청도 잠수함기지와 북한 마양도 잠수함기지 영상



출처: Map of Qingdao, People's Republic of China 2024/3/13; Map of Sinpo, Democratic People's Republic of Korea 2024/3/17.

상기 식별결과를 고려할 때 209/214급 잠수함보다 전폭이 넓은 도산 안창호급(전폭 9.6m) 이상의 중형 잠수함은 특정조건 하에서 Sentinel 위성에서 식별될 가능성이 있다.

해군 항공기지에 대한 감시역량은 제한적이다. Sentinel-1의 경우 지상 구조물에 의한 노이즈가 항공기의 반사파와 혼합되어 표적의 명확한 식별이 제한되었다.

Sentinel-2 영상으로 항공기로 추정된 표적에 대한 식별은 가능하나 항공기의 세부 기종까지는 확인할 수 없었다. 특히, 일본 Misawa 주일 미 해군 항공기지 주기장의 P-8 해상초계기는 세부기종을 판단할 수 없었고 일반 민항기와 같이 인식되었다.

그러나 북한의 입장에서 만리경-1호 또는 타 출처 첩보와 융합하여 ‘어떤 표적’ 이 그 자리에 지속적으로 위치하였는지 아니면 이탈하였는지에 대한 위치이동 첩보 자체는 제공이 가능할 것으로 보인다. Ⅲ장 1절에서 검토된 해군기지에 위치한 함정과 항공기 식별 수준 가치성은 〈표 3〉과 같이 종합될 수 있다.

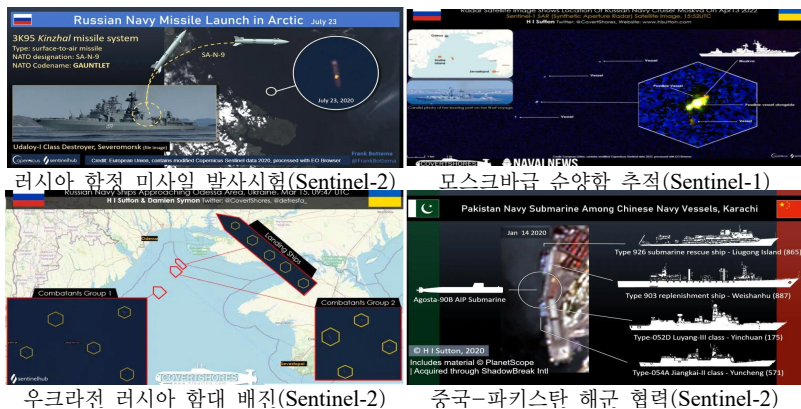
〈표 3〉 Sentinel 위성영상의 표적 식별 수준

구 분	표 적			NIIRS 기준 등급
	수상함	잠수함	항공기	
Sentinel-1	· 지상시설 이격 사에만 가치성 확보 · 대형함정(강습상륙함, 항모) 식별 가능	· 타 출처 첩보 연계 하 위치 첩보 제공 가능	· 식별제한	2등급
Sentinel-2	· 중형함정 이상 식별, 가능 타 출처 첩보 연계 시 소형함정 (10m이상) 위치첩보 가능 · 기지 근해 함정 해상활동 추적 가능	· 209/214급 식별 불가 · 안창호급 이상 식별 가능성	· 위치첩보 제공	2-3등급 (함정 3등급)

나) 해양에서의 함대 이동 감시

해군기지에 대한 감시와 함께 이뤄져야 할 것은 해양에서의 함대 이동 감시이다. 앞서 검토한 바와 같이 2021년 국군의 날 행사의 상륙 작전 시연에 동원된 상륙기동부대의 배진은 그 준비활동과 같이 식별 되었으며, Sentinel-1/2 위성이 연속적으로 촬영될 경우 함대 이동에 대한 지속적인 추적이 가능하다는 점을 입증했다.

〈그림 14〉 H I Sutton의 Sentinel 위성영상을 이용한 함대 추적



출처: H I Sutton 2020a, 2020b, 2022a, 2022b.

특히, Sentinel 위성 기반의 함대 추적은 민간에서도 활발하게 이용되고 있다. 대표적으로 외국 언론에서 민간 위성영상 분석 전문가로 알려진 서튼(H.I. Sutton)은 Sentinel 영상을 <그림 14>과 같이 활용하여 러시아 해군의 활동과 중국과 파키스탄 해군의 군사협력 활동을 분석한 바 있다(H I Sutton 2020a, 2020b, 2022a, 2022b).

IV. 대남 해양감시에의 북한의 상용 지구관측위성 이용

1. 북한의 상용 지구관측위성 활용 실태

『김일성종합대학학보: 지구환경과학 및 지질학』의 연구논문들을 살펴 볼 때 북한은 민간에 개방된 상용 지구관측위성의 활용에 주목하고 관련기술을 개발 중에 있다.

김수근·백은정(2020, 47-50)은 자신들의 연구 서론에서 상용 위성 영상 활용에 관해 70년대 말부터 위성에 의한 지구관측이 현실화되고 많은 위성영상 자료들이 축적되며 여러 시기 원격 조사자료들을 수집하여 환경변화, 자연재해 등 지물의 변화정보를 수집할 수 있다고 기술하며 상용 지구관측위성으로 획득되는 영상정보 이용과 그 이점에 대해 인지하고 있음을 추정할 수 있다.

인터넷에 공개된 김일성대 학보의 연구논문들을 고려할 때 상용 지구관측위성 활용에 대한 북한의 연구는 적어도 2015년부터 시작된 것으로 추정된다.

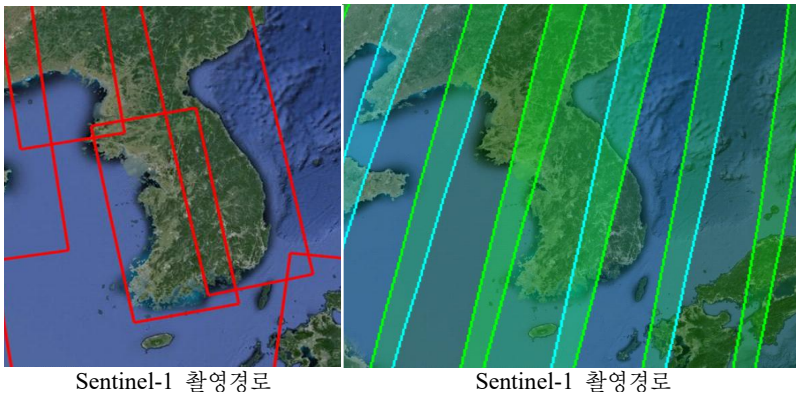
연구 초기에는 미국의 Landsat 계열에서 획득되는 위성영상을 활용하여 농업토지 유형 분류, 산림수종의 분류 등 과학기술을 국토관리와 농업발전을 지원하기 위한 연구가 중심이었다면, 2018년과 2019

앞서 확인된 김일성종합대학의 연구논문들만으로도 북한이 상용 지구관측위성 영상 활용을 위해 기술 확보에 매진 중임을 확인할 수 있으며, 이렇게 축적된 기술들은 북한의 체제특성상 당 정책과 군사 목적 수행을 위한 목적으로 활용될 가능성이 높다고 볼 수 있다.

2. 북한의 상용 지구관측위성을 이용한 대남 해양감시 이용

Sentinel-1(위성 1기)은 12일, Sentinel-2(위성 2기)는 5-6일의 동일지역 재방문 주기를 통해 한국의 주요 해군기지와 해양에 대한 영상정보를 북한에 제공할 수 있으며, 경로는 <그림 16>과 같이 동해안권과 서해안권 경로가 주로 촬영된다.

<그림 16> Sentinel 위성의 한반도 근해 촬영경로



출처: ESA 2024.

촬영경로를 볼 때 Sentinel 위성만으로도 한국 해군의 동·서해 기지 및 근해에 대한 영상정보를 획득할 수 있다. Sentinel-1/2는 동일 표적에 대한 중첩된 감시를 비정기적으로 수행하며, 동일 해군기지를 대상

으로 한 감시는 일일 또는 2-3일 간격으로 촬영할 수 있는 것으로 확인된다. 현재 Sentinel-1 위성이 사고로 인해 2대 중에 1대만 운용 중이지만, 2024년 이내로 1대가 추가 발사되어 임무를 재개할 시 감시 빈도는 증가될 가능성이 높다.

또한, 만리경-1호와 Sentinel-1/2, Landsat-8/9 위성의 재방문 주기가 비교적 연속적으로 이어져 있어 북한의 부족한 대남 해양감시 능력을 보완할 수 있는데, <표 4>는 3주간 지구관측 위성의 재방문 주기와 만리경-1호의 연계성을 보여준다.

만리경-1호로 획득한 고해상도 영상에 Sentinel-1/2와 Landsat-8/9 등의 상용 지구관측위성의 수집영상을 결합하거나 AIS·전자정보 등 타 출처 정보들과 융합한다면 북한은 한반도 해역에 대한 해양감시 능력을 충분히 보유할 수 있을 것으로 보인다.

<표 4> 7월 2주-4주 상용 지구관측위성과 만리경-1호의 재방문 주기

일자 표적	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
부 산																						
진 해																						
동 해																						
포 항																						
목 포																						
평 택																						
제 주																						

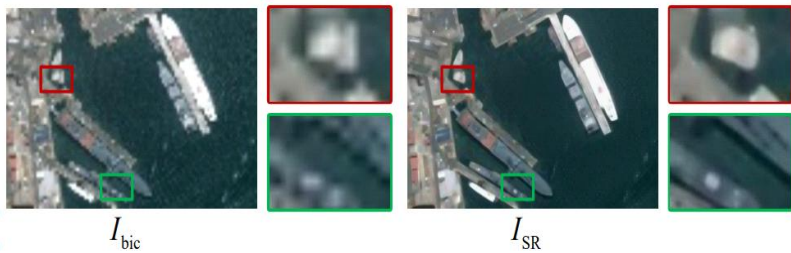
Landsat-8/9
 Sentinel-1
 Sentinel-2
 Sentinel-1/2
 만리경-1

출처: ESA 2024; N2YO.COM 2024 자료를 토대로 저자가 작성.

Sentinel 또는 Landsat으로 대표되는 상용 지구관측위성들은 공개출처로서 뛰어난 접근성, 그리고 전 지구적 관측 활동으로 많은 정보를 획득하여 민간에 제공한다는 장점이 있다. 여기에 <그림 17>과 같이

저해상도 위성 영상의 화질을 개선하여 식별능력을 높여주는 초해상화 (Super Resolution) 기술을 북한이 보유한다면 기존보다 더욱 가치 있는 영상을 획득할 수 있다(Huanxin Zou et al 2022).

〈그림 17〉 초해상화 기술을 적용한 함선 식별 향상



출처: Zou et al 2022, 8.

또한, 상용 지구관측위성으로 수집된 영상들은 지상에 대한 세부적인 식별은 제한되더라도 해양에서의 함선들의 활동을 탐지하고 추적할 수 있어 해양감시 능력을 신장시켜줄 수 있는 유용한 해양정보 수집 수단의 하나로써 이용될 수 있다.

호위함 이상의 수상함정과 탄도미사일 발사관 탑재로 인해 톤수·전폭이 증대된 잠수함을 보유하게 된 한국 해군은 앞서 검토한 바와 같이 평시 훈련 및 수리·정비 주기, 그리고 함정의 경비교대 주기, 대규모 연합·합동 해상훈련 등에 군사 활동들이 상용지구관측위성에 노출될 것으로 예상되며, 공개출처정보, 신호정보, 또는 고해상도 위성 영상 등과 결합될 시 그 위험은 높아질 것으로 판단된다.

또한, 단 1기의 정찰위성만 보유하여 빈약한 우주 기반 감시능력을 가지고 있는 북한은 이에 대한 가치성을 인지하고 그 활용방안을 지속적으로 연구하고 있으며, 만리경-1호와 가용한 첩보수집 자산들을 최대한 활용하여 한국의 해양활동에 대한 감시능력을 확보하고자 노력할 것으로 보인다.

상용 지구관측위성 노출에 의한 영향은 감시뿐만 아니라 한국 해군의 경비공백 해역을 산출가능하게 하여 공작모선 또는 잠수함정에 의한 침투도발, 지대함 또는 탄도미사일, 포병 등 도발 수단의 표적정보를 확정하기 위한 첩보로도 활용이 가능하다.

테러 측면에서 보면, 민간 선박들의 통항량과 묘박지의 형성 등을 AIS 정보와 결합하여 확인할 수 있다는 것이고 한국의 해상운송 또는 국제해운을 마비시키기 위한 Choke point를 산출 가능할 것으로 보인다.

마지막으로 위기고조 시 또는 전시 한국 해군의 해상전투단의 움직임은 물론 미국과 우방국의 해양력 투사, 중국과 러시아 등 북한에 우호적인 세력의 움직임에 대한 첩보 또한 획득하여 북한군의 군사대비태세를 격상시키거나 작전계획을 수립하는데 도움을 제공할 것으로 판단된다.

V. 결 론

상용 지구관측위성의 군사적 활용성을 해양감시 이용을 중심으로 검토한 결과 영상정보 수집 수단으로서 상용 지구관측위성의 유가치성을 확인하였으며, 해양감시 측면에서 정찰위성과 연계하여 해군기지에서의 함정 식별, 함대이동 추적 등 광범위한 정보수집이 가능한 것으로 확인되었다.

또한, 국제/국가우주연구기관의 상용 지구관측위성 영상은 인터넷을 통해 제한 없이 접속하고 쉽게 내려 받을 수 있어 쉽게 획득할 수 있는 점, 북한이 상용 지구관측위성 판독 기술을 개발하고 있는 점, 그리고 국가영역과 민간영역을 결합하여 통합된 우주 기반 감시체계를 구축하는 흐름을 고려할 때 북한이 상용 지구관측위성을 이용하여 한국의 해양감시에 활용할 가능성은 농후하다고 볼 수 있다.

지구관측위성과 결합된 북한의 우주 기반 감시체계는 함정 위치

이동 또는 기지 이탈, 선거 상가 등의 빈도를 측정하여 해군 함정의 출동 또는 훈련주기를 간접적으로 산출할 수 있는 과학적인 데이터를 제공해줄 것이다.

특히, 함대 배진을 구성하여 동일한 규칙성을 띠고 다수의 함정이 항진하는 해군 작전의 특성이 위성영상에 노출될 가능성이 높고 북한은 이를 인지하고 대비하거나 도발에 활용할 가능성이 높아졌다.⁴⁾ 이에 한국 해군과 해경 등 해양안보기관은 작전에 앞서 지구관측위성을 포함한 북한의 우주 기반 해양감시능력에 대해 경계하고 작전 보안을 유지할 수 있는 기만, 회피방법 등을 고안해야 하는데 직면하였다.

향후 북한과 러시아의 군사협력 강화로 인해 러시아의 우주 기반 감시기술이 북한에 유입되고, 북한이 공인한 바와 같이 정찰위성들이 군집을 형성될 경우 한반도는 물론이고 동북아시아에 대한 광해역 해양감시체계가 구축될 가능성이 있다.

또한, 북한은 우주 기반의 해양감시능력 뿐만 아니라 최근 항공 기반 정찰능력을 결합한 해양감시 체계 구축을 추진할 것이며, 한국 군과 한국 해군의 대북 정보우위를 상쇄시키고자 노력할 것으로 보인다.

한국 해군, 해경과 같은 해양안보기관과 정보당국은 북한의 우주 기반 감시능력을 정찰위성뿐만 아니라 북한이 이용할 수 있는 상용 지구관측위성의 영향성을 감안하고 군사작전과 안보 영향성을 면밀히 검토하여 북한의 정보수집을 거부할 수 있는 준비가 되어야 할 것이다.

본 연구에서 한계점과 이에 따른 후속 연구과제는 다음과 같다.

4) 김정은은 해군 지휘부와 같이 참관한 신형 지대함 유도탄 시험발사 현장에서 NLL의 무실화 발언과 함께 한국 해군 함정들에 대한 수사적 위협을 높였다(김지현 · 하채림 2024).

먼저 미국과 유럽에서 공개한 국제/국가우주연구기관의 상용 지구관측위성만을 대상으로 연구된 부분인데, 북한의 우방국이라고 할 수 있는 러시아와 중국 모두 고해상도의 상용 지구관측위성을 포함한 다양한 위성을 보유하고 있다.⁵⁾

특히, 최근 북한과 포괄적 전략 동반자 협정을 체결한 러시아는 자국의 위성영상을 북한에 제공할 가능성이 높으며, 본 연구에 더해 러시아 상용 지구관측위성 영상의 군사적 활용성과 북한 우주 기반 감시체계 연계를 다루지 못한 아쉬움이 있다.

두 번째, 한국의 지구관측위성의 정보적·군사적 활용 측면에서도 연구가 필요할 것으로 보인다. 다목적실용위성 아랑위성을 보유하고 있고 최근 정찰위성 발사에 성공하였지만 국제사회에서 요구하는 한국의 역할을 고려 시 더 많은 위성에서 획득할 수 있는 정보가 필요하며 앞서 연구된 국제/국가 우주연구기관의 상용 지구관측위성은 그러한 수요를 일부 충족시킬 수 있는 수단이 될 것이다.

마지막으로 북한의 상용 지구관측위성 이용을 제한할 수 있는 방안에 대한 연구이다. 미국은 자국의 위성에 셔터 통제(shutter control)를 시행하고 있는데, 미국 정부가 특정지역의 영상정보 추출을 금지할 수 있는 권한으로, 미국과 동맹군의 군사 배치 및 작전보안을 보장하고 미국의 적대 세력이 거부 및 기만 작전을 수행하는 데 도움이 되는 정보를 획득하지 못하게 하여 감시위험을 완화하고 있다(NRO 2000, 71-73).

미국의 사례와 같이 상용 지구관측위성에 대한 북한의 접근을 차단하여 이용을 거부할 수 있는 제도적 방안이 연구되어야 할 것이다.

5) 중국은 광학 해상도가 높고 첨단 SAR 기능을 갖춘 Yao Gan 위성군을 보유하고 있으며, 러시아는 해상도 1m의 Resurs-P 위성군을 보유하고 있다(한국항공우주연구원 n.d.; Zak 2024).

투 고 일 : 2024. 08. 13

심 사 완 료 일 : 2024. 08. 22

게 재 확 정 일 : 2024. 08. 31

참고문헌

- 김대철 · 리재광. 2023. “Sentinel-2 SAR화상을 이용한 수문대상 추출.” 『김일성종합대학학보: 지구환경과학 및 지질학』 69(1): 28-31.
- 김수근. 2019. “위성화상에서 지형에 의한 음영을 제거하기 위한 한가지 방법.” 『김일성종합대학학보: 지구환경과학 및 지질학』 65(2): 37-39.
- 김수근 · 백은정. 2020. “여러대역화상에서 차 값법과 비값법에 의한 변화된 대상 분석.” 『김일성종합대학학보: 지구환경과학 및 지질학』 66(1): 47-50.
- 김순영. 2022. “Sentinel-2 위성의 MSI특성과 대기보정화상의 스펙트르변화특성 분석.” 『김일성종합대학학보: 지구환경과학 및 지질학』 68(2): 18-21.
- 김일성종합대학. 2024. “Sentinel.”
<https://www.ryongnamsan.edu.kp/univ/ko/research> (검색일: 2024. 9. 14).
- 김지현 · 하채림. 2024. “김정은 “연평 · 백령도 북쪽에 국경선”...새로 선 곳고 도발 위험(종합).” 『연합뉴스』 (2월 15일)
<https://www.yna.co.kr/view/AKR20240215040551504> (검색일: 2024. 7. 20).
- 리차드 김. 2023. “정찰위성: 북한이 쏘니 한국도 쏘다...남북한 군사정찰위성 차이점은?.” 『BBC NEWS 코리아』 (12월 1일)
<https://www.bbc.com/korean/67388919> (검색일: 2024. 3. 25).
- 박상중. 2023. “국방우주 안보체계 발전.” 『우주 정책 연구』 7: 30-61.
- 박시수. 2023. “[심층분석] 우크라 전쟁으로 보는 우주의 군사적 활용.” 『산경투데이』 (5월 3일)
<https://www.sankyungtoday.com/news/articleView.html?idxno=41531> (검색일 : 2024. 8. 24).
- 박재진 · 오상우 · 박경애 · 이민선 · 장재철 · 이문진. 2018. “고해상도

- 광학 인공위성 영상을 활용한 선박탐지 방법.”
『한국지구과학학회지』 39(3): 241-249.
- 배학영 · 임경한. 2022. “우주 전장시대 해양 우주력 발전을 위한 제언.” 『KIMS Periscope』 288: 4-6.
- 서기석 · 안계홍 · 김태운 · 김경록 · 김재현. 2020. “위성 SAR 영상에서 딥러닝을 이용한 선박 검출 연구.” 『한국통신학회 학술대회논문집』 : 1-2.
- 석광철 · 리금수. 2023. “Sentinel-1 SAR화상융합에 의한 Sentinel-2화상에서의 구름제거방법.” 『김일성종합대학학보: 지구환경과학 및 지질학』 69(4): 10-12.
- 석광철 · 리금수 · 최원일. 2023. “Sentinel-2 화상에서 구름제거를 위한 심층학습모형 구성방법.” 『김일성종합대학학보: 지구환경과학 및 지질학』 69(3): 3-6.
- 슐스키 아브람 & 개리 슈미트. 2007. 『국가정보의 이해 소리없는 전쟁』. 신유섭 옮기. 서울: 명인문화사.
- 이경엽 · 홍상훈 · 윤보열 · 김윤수. 2012. “위성 SAR 영상과 AIS를 활용한 선박 탐지.” *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies* 15(2): 103-112.
- 전우진 · 서민지 · 성노훈 · 최성원 · 심수영 · 변유경 · 한경수. 2021. “Sentinel-2A 위성자료를 활용한 선박 및 후류 탐지 개선.” *Korean Journal of Remote Sensing* 37(3): 559-566.
- 정래원. 2022. “北 김정은 "5년내 정찰위성 다량 배치"...국가우주개발국 시찰(종합).” 『연합뉴스』 (3월 10일) <https://www.yna.co.kr/view/AKR20220310025151504>(검색일: 2024. 8. 25).
- 조상진. 2023. “북한 광명성 3호도 ‘소멸’ ... “선전용 초기 위성시대 종말” .” VOA (9월 16일) <https://www.voakorea.com/a/7270536.html>(검색일: 2024. 8. 25).
- 조선중앙통신. 2024. “조선민주주의인민공화국과 로씨야련방사이의

- 포괄적인 전략적동반자관계에 관한 조약.” 『조선중앙통신』
(6월 20일)
<http://www.kcna.kp/kp/article/q/848b072d48dcc965d89ce5f716e78e71.kcmsf>(검색일 : 2024. 8. 25).
- 최경선. 2014. “국방부, 軍 운용 무인기 공개?.” 『KONAS net』
(4월 8일)
https://konas.net/article/article_print.asp?idx=35594(검색일: 2024. 7. 10).
- 최문성 · 김순영. 2022. “Sentinel-2 위성 MSI화상의 지형보정효과성분석.” 『김일성종합대학학보: 지구환경과학 및 지질학』 68(4): 31-35.
- 한국항공우주연구원. n.d. “중국의 우주개발 프로그램.”
https://www.kari.re.kr/cmm/fms/FileDown.do?atchFileId=FILE_000000000001574&fileSn=0(검색일: 2024. 9. 14).
- 홍건식 · 이성훈. 2023. “김정은 시기 북한의 우주 능력 평가 및 시사점.” 『INSS 전략보고』 238: 6-10.
- 홍명덕 · 조정성. 2019. “Landsat 8호 OLI자료의 시각적효과를 높이기 위한 한가지 방법.” 『김일성종합대학학보: 지구환경과학 및 지질학』 65(1): 47-50.
- Grover, Aayush, Shashi Kumar and Anil Kumar. 2018. “SHIP DETECTION USING SENTINEL-1 SAR DATA.” *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* 4(5): 317.
- Brumfiel, Geoff. 2019. “Trump tweeted an image from a spy satellite, declassified document shows.” *NPR*. September 16.
<https://www.npr.org/2022/11/18/1137474748/trump-tweeted-an-image-from-a-spy-satellite-declassified-document-shows>(검색일: 2024. 7. 20).
- Day, Dwayne A.. 2019. “Intersections in real time: the decision to build the KH-11 KENNEN reconnaissance satellite (part 2).” *The*

- Space Review*. September 16.
<https://www.thespacereview.com/article/3795/1>(검색일: 2024. 7. 10).
- Erwin, Sandra. 2022. "On National Security | Drawing lessons from the first 'commercial space war'." *SPACENEWS*. May 20.
<https://spacenews.com/on-national-security-drawing-lessons-from-the-first-commercial-space-war/>(검색일: 2024. 7. 15).
- ESA. 2024. "Sentinel-1 and Sentinel-2 Acquisition Plans."
<https://sentinel.esa.int/web/sentinel/copernicus/sentinel-1/acquisition-plans>
<https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/copernicus/sentinel-2/acquisition-plans> (검색일: 2024. 7. 21).
- FAS. n.d. "National Image Interpretability Rating Scales."
<https://irp.fas.org/imint/niirs.htm>(검색일: 2024. 7. 15).
- H I Sutton. 2020a. "Unusual Satellite Image Shows Russian Missile Launch In Arctic." *forbes*. July 25.
<https://www.forbes.com/sites/hisutton/2020/07/25/unusual-satellite-image-shows-arctic-missile-launch/?sh=6ddc3e2b1223>(검색일: 2024. 3. 25).
- _____. 2020b. "Satellite Image Shows Pakistani Submarine With Chinese Navy." *forbes*. August 12.
<https://www.forbes.com/sites/hisutton/2020/08/12/satellite-image-shows-pakistani-submarine-with-chinese-navy/?sh=56cc88c626da>(검색일: 2024. 3. 25).
- _____. 2022a. "Russian Navy Landing Ships Seen Approaching Ukrainian Coast Near Odessa." *NAVALNEWS*. Mar 15.
<https://www.navalnews.com/naval-news/2022/03/russian-navy-landing-ships-seen-approaching-ukrainian-coast-near-odessa/>(검색일: 2024. 3. 25).
- _____. 2022b. "Satellite Image Pinpoints Russian Cruiser Moskva As She Burned." *NAVALNEWS*. April 15.

- https://www.navalnews.com/naval-news/2022/04/satellite-image-pinpoints-russian-cruiser-moskva-as-she-burned/ (검색일: 2024. 5. 25).
- Hitchens, Theresa. 2023. “SAR-satellite startup Capella Space creates ‘federal’ unit for US government sales.” *Breaking DEFENCE*. January 31.
https://breakingdefense.com/2023/01/sar-satellite-startup-capella-space-creates-federal-unit-for-us-government-sales/ (검색일: 2024. 7. 20).
- Hosenball, Mark. 2012. “U.S. publishes satellite images of Syria.” *Reuters*. June 2.
https://www.reuters.com/article/world/us-publishes-satellite-images-of-syria-idUSBRE851010/(검색일: 2024. 8. 23).
- KBS NEWS. 2021. “[풀영상] 제73주년 국군의날 기념식.”
https://www.youtube.com/watch?v=nNBFLrw5dSY(검색일: 2024. 3. 24).
- Kovarik, Vladimir. 2011. “Imagery intelligence (IMINT).” Brno: UNIVERSITY OF DEFENCE.
- Map of Gölcüke, Republic of Türkiye. 2024a. “Modified Copernicus Sentinel-1 data/Sentinel Hub.” 25-26 February.
https://www.sentinel-hub.com(검색일: 2024. 9. 20).
- _____. 2024b. “Modified Copernicus Sentinel-2 data/Sentinel Hub.” February 28.
https://www.sentinel-hub.com(검색일: 2024. 9. 20).
- Map of Greenwood, Canada. 2023. “Modified Copernicus Sentinel-2 data/Sentinel Hub.” July 30.
https://www.sentinel-hub.com(검색일: 2024. 9. 20).
- Map of Misawa, Japan. 2023. “Modified Copernicus Sentinel-2 data/Sentinel Hub.” August 10.
https://www.sentinel-hub.com(검색일: 2024. 9. 20).
- Map of Pohang, Republic of Korea. 2021a. “Modified Copernicus

- Sentinel-1/2 data/Sentinel Hub.” September 26.
<https://www.sentinel-hub.com>(검색일: 2024. 9. 20).
- _____. 2021b. “Modified Copernicus Sentinel-2 data/Sentinel Hub.”
October 1.
<https://www.sentinel-hub.com>(검색일: 2024. 9. 20).
- Map of Qingdao, People's Republic of China. 2024. “Modified Copernicus
Sentinel-2 data/Sentinel Hub.” March 13.
<https://www.sentinel-hub.com>(검색일: 2024. 9. 20).
- Map of Sea near Yokosuka, Japan. 2022. “Modified Copernicus Sentinel-2
data/Sentinel Hub.” November 18.
<https://www.sentinel-hub.com>(검색일: 2024. 9. 20).
- Map of Sea near Yuchi, People's Republic of China. 2020. “Modified
Copernicus Sentinel-2 data/Sentinel Hub.” May 1.
<https://www.sentinel-hub.com>(검색일: 2024. 9. 20).
- Map of Sinpo, Democratic People's Republic of Korea. 2024. “Modified
Copernicus Sentinel-2 data/Sentinel Hub.” March 17.
<https://www.sentinel-hub.com>(검색일: 2024. 9. 20).
- Map of Yokosuka, Japan. 2022. “Modified Copernicus Sentinel-2
data/Sentinel Hub.” July 31.
<https://www.sentinel-hub.com>(검색일: 2024. 9. 20).
- _____. 2023. “Modified Copernicus Sentinel-2 data/Sentinel Hub.”
October 9.
<https://www.sentinel-hub.com>(검색일: 2024. 9. 20).
- Map of Yuchi, People's Republic of China. 2022a. “Modified Copernicus
Sentinel-2 data/Sentinel Hub.” September 23.
<https://www.sentinel-hub.com>(검색일: 2024. 9. 20).
- _____. 2022b. “Modified Copernicus Sentinel-1 data/Sentinel Hub.”
September 29.
<https://www.sentinel-hub.com>(검색일: 2024. 9. 20).

- Map showing location of Gölcüke, Republic of Türkiye. 2024. February 28.
earth.google.com/web/(검색일: 2024. 9. 20).
- Map showing location of Greenwood, Canada. 2023. July 29.
earth.google.com/web/(검색일: 2024. 9. 20).
- Map showing location of Misawa, Japan. 2023. August 11.
earth.google.com/web/(검색일: 2024. 9. 20).
- Map showing location of Sea near Yokosuka, Japan. 2022. November 8.
earth.google.com/web/(검색일: 2024. 9. 20).
- Map showing location of Sea near Yuchi, People's Republic of China.
 2020. May 1.
earth.google.com/web/(검색일: 2024. 9. 20).
- Map showing location of Yokosuka, Japan. 2022. July 30.
earth.google.com/web/(검색일: 2024. 9. 20).
- _____. 2023. October 7,
earth.google.com/web/(검색일: 2024. 9. 20).
- Map showing location of Yuchi, People's Republic of China. 2022.
 September 25.
earth.google.com/web/(검색일: 2024. 9. 20).
- Migliani, Sanjeev and Greg Torode. 2016. "India to build satellite tracking station in Vietnam that offers eye on China." *Reuters*. January 25.
<https://www.reuters.com/article/world/india-to-build-satellite-tracking-station-in-vietnam-that-offers-eye-on-china-idUSKCN0V30B3/>(검색일: 2024. 5. 10).
- N2YO.COM. 2024. "MALLIGYONG-1."
<https://www.n2yo.com/satellite/?s=58400>(검색일: 2024. 7. 1-21).
- NGA. 2006. "Geospatial Intelligence(GEOINT) Basic Doctrine."
<https://irp.fas.org/agency/nga/doctrine.pdf>(검색일: 2024. 8. 25).
- NRO. 2000. "REPORT OF THE NATIONAL COMMISSION FOR THE REVIEW OF THE NATIONAL RECONNAISSANCE OFFICE."

- <https://irp.fas.org/nro/commission/nro.pdf>(검색일: 2024. 8. 25).
- Poling, Aidan. 2023. "How a fleet of private satellites can help secure the US military's future." *Atlantic Council*. February 27.
<https://www.atlanticcouncil.org/blogs/new-atlanticist/how-a-fleet-of-private-satellites-can-help-secure-the-us-militarys-future/>(검색일: 2024. 8. 23).
- Shabbir, Zaeem, Ali Sarohm and Mahhad Nayyer. 2019. "Space Technology Applications for Maritime Intelligence, Surveillance, and Reconnaissance." *ASTROPOLITICS* 17(2): 108.
- Siegel, Julia. 2022. "Commercial satellites are on the front lines of war today. Here's what this means for the future of warfare." *Atlantic Council*. August 30.
<https://www.atlanticcouncil.org/content-series/airpower-after-ukraine/commercial-satellites-are-on-the-front-lines-of-war-today-heres-what-this-means-for-the-future-of-warfare/>(검색일: 2024. 8. 23).
- Soldi, Giovanni, Domenico Gaglione, Nicola Forti, Alessio Di Simone, Filippo Cristian Daffina, Gianfausto Bottini, Dino Quattrociochi, Leonardo M. Millefiori, Paolo Braca, Sandro Carniel, Peter Willett, Antonio Iodice, Daniele Riccio, and Alfonso Farina. 2021. "Space-Based Global Maritime Surveillance. Part I: Satellite Technologies". *IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine* 36(9): 8-28.
- Tsukanov, Ilya. 2019. "Russian Military Releases Satellite Images Confirming US Smuggling of Syrian Oil." *SPUTNIK*. October 26.
<https://sputnikglobe.com/20191026/russian-military-releases-satellite-images-confirming-us-smuggling-of-syrian-oil-1077154752.html>(검색일: 2024. 8. 23).
- U.S.AIR FORCE. 2023. "AIR FORCE DOCTRINE PUBLICATION 2-0 INTELLIGENCE."

- https://www.doctrine.af.mil/Doctrine-Publications/AFDP-2-0-Intelligence/(검색일: 2024. 8. 24).
- U.S.JCS. 2017. “Geospatial Intelligence in Joint Operations.”
https://irp.fas.org/doddir/dod/jp2_03.pdf(검색일: 2024. 8. 24).
- U.S.ONI. 2024. “PLA Navy Identification Guide.”
https://www.oni.navy.mil/ONI-Reports/Foreign-Naval-Capabilities/China/(검색일: 2024. 8. 24).
- Wall, Mike. 2019. “North Korea’s Short-Range Missile Test Spotted from Space (Photo).” *SPACE.COM*, May 7.
https://www.space.com/north-korea-missile-test-satellite-photo.html(검색일: 2024. 7. 15).
- Zak, Anatoly. 2024. “Resurs-P Earth-watching satellite series.”*Russian SpaceWeb.com*. August 25.
https://www.russianspaceweb.com/resurs_p.html(검색일: 2024. 9. 14).
- Zou, Huanxin, Shitian He, Xu Cao, Li Sun, Juan Wei, Shuo Liu and Jian Liu. 2022. “Rescaling-Assisted Super-Resolution for Medium-Low Resolution Remote Sensing Ship Detection.”
Remote Sens 14(11): 2-17.

Abstract

Study of North Korea's maritime surveillance of South Korea using Earth observation satellites

Kim, Hyunjung

Lieutenant Commander, Republic of Korea Navy

Images captured by commercial satellites of international and national space research organizations and private space companies are distributed to the private sector and utilized in various fields such as remote sensing and land management. Earth observation satellites are also used in the national sphere to provide intelligence support to allies and as a diplomatic tool, and in the case of the United States, there is a move to incorporate them into the space force reserve. North Korea is no exception to this trend. While North Korea is working to build its own reconnaissance satellite system, it is also studying ways to utilize commercial Earth observation satellite imagery for national policy and image processing technologies to increase the utility of imagery intelligence that can be acquired from the civilian sector.

Based on the concern that North Korea could use Earth observation satellites to collect imagery, especially for maritime surveillance in South Korea and the Korean Peninsula, this study evaluates the value of military use of Earth observation satellites and analyzes the implications of North Korea's use.

Using ESA's Sentinel-1/2 satellite as a sample, this study concluded

that Earth observation satellites are sufficient for military applications such as monitoring fleet movements at naval bases and at sea, and that North Korea's use of them would allow for surveillance of the Korean Peninsula and its oceans, which would require South Korea's efforts to deny the collection of such intelligence.

Keywords: North Korea, Imagery Intelligence, Maritime surveillance, Earth observation satellite