

[Space Science] Article

다목적실용위성 광학 영상 데이터 제공 및 품질관리

박대순¹ · 서두천¹ · 김희섭^{2*}

한국항공우주연구원, 지상국기술연구부¹, 대전 34133, 대한민국

한국항공우주연구원, 위성활용부², 대전 34133, 대한민국

KOMPSAT Optical Image Data Provision and Quality Management

Daesoon Park¹ · Doocheon Seo¹ and Heeseob Kim^{2*}

Satellite Ground Station R&D Division, Korea Aerospace Research Institute, Daejeon 34133, Republic of Korea

Satellite Application Division, Korea Aerospace Research Institute, Daejeon 34133, Republic of Korea

Received: 9 December 2022, revised: 28 December 2022, accepted: 29 December 2022

요약문 한국항공우주연구원에서는 신뢰성 있는 광학 위성 영상 제품을 사용자에게 제공하기 위해 광학 위성 영상에 대한 품질관리를 수행하고 있다. 본 논문은 광학 위성 영상 제품 활용을 증진하기 위하여 다목적실용위성 3호와 다목적실용위성 3A호의 특징, 운영, 촬영 모드를 설명하였으며, 사용자에게 제공되는 위성 영상 제품에 대한 설명과 위성 영상 제품 품질 관리를 기술하였다. 2012년에 발사된 다목적실용위성 3호와 2015년에 발사된 다목적실용위성 3A호는 전세계 다양한 지역 영상을 촬영하고, 이를 웹을 통해 사용자에게 제공하고 있다. 사용자는 카탈로그 검색을 통해 촬영된 영상을 검색할 수 있으며, 신규 촬영 주문을 할 수 있다. 한국항공우주연구원이 품질 관리하여 제공하는 다목적실용위성 광학 영상은 지구 관측 및 위성 영상 활용 증진에 도움이 될 것으로 예상된다.

주요어: 다목적실용위성 3호, 다목적실용위성 3A호, 위성 운영, 영상 제품, 품질관리, 자료 처리, 데이터 제공

Abstract Korea Aerospace Research Institute (KARI) is conducting continuous quality control to provide reliable optical image products to various users. This paper describes KOREA Multi-Purpose SATellites (KOMPSAT-3 and KOMPSAT-3A) characteristics, operation, and image collection mode in order to enhance satellite image application. Also, image product of the satellites and quality management of the image product are described in this paper. The KOMPSAT-3 launched in 2012 and KOMPSAT-3A launched in 2015 collected many imageries around the world and provide them to users through web. Users can search for images through web catalog and order new imaging task. The KOMPSAT images provided under the KARI control is expected to be great help for earth observation and satellite image application enhancement.

Keywords: KOMPSAT-3, KOMPSAT-3A, Satellite Operation, Image Product, Quality Management, Data Processing, Data Provision

*Corresponding author: askhs@kari.re.kr

1. 서론

한국항공우주연구원은 저궤도 다목적실용위성 시리즈와 차세대중형위성, 정지궤도 천리안위성 시리즈를 개발하여 운영하고 있다. 이중 저궤도 위성인 다목적실용위성 3호와 다목적실용위성 3A호는 국가 수요의 고해상도 위성 정보를 제공하고, 국토, 산림, 농림, 해양 등 다양한 분야 활용에 필요한 정밀 영상을 제공하기 위해 개발되었다. 다목적실용위성 3호는 2012년 5월 18일 성공적으로 우주에 발사되었다. 다목적실용위성 3호는 발사 이후 약 2주간의 초기 운영을 통해 위성 상태가 정상임이 확인되었다. 위성 상태 및 기능에 대한 점검이 수행된 이후 위성 영상 성능 확인을 위한 검보정이 수행되었다. 다목적실용위성 3A호는 2015년에 3월 26일 발사되었으며, 가시영역 영상과 중적외선 영상을 제공하고 있다. 다목적실용위성 3A호는 적외선 관측을 통해서 야간에도 지상 관측을 수행할 수 있다.

최근 고해상도 광학 위성 영상 사용자의 활용에 대한 요구가 다양해짐에 따라 이를 만족하기 위하여 광학 위성 설계 및 운영이 복잡해지고 있으며, 다양한 위성 제품이 사용자에게 제공되고 있다. 한국항공우주연구원은 위성 영상 활용을 증진하기 위하여 광학 위성의 주요 영상 품질 인자에 대해서 주기적으로 영상 품질 관리를 수행하여 위성 영상 품질 신뢰도를 증진하기 위해 노력하고 있다(Seo et al., 2017, 2020). 본 논문에서는 위성 영상 활용 증진을 위해 다목적실용위성 3호와 다목적실용위성 3A호의 위성 특징, 운영, 영상 제품에 대한 설명과 한국항공우주연구원의 광학 위성 영상 품질 관리 현황과 영상 획득 방법에 대한 설명을 기술하였다.

2. 위성 및 운영

다목적실용위성 3호와 다목적실용위성 3A호는 다목적실용위성 1호나 다목적실용위성 2호와 비교하여 사용자 요구를 만족하기 위하여 많은 설계 개선이 수행되었다(Kim, 2012). 특히 다양한 촬영을 지원하기 위하여 위성 기동 성능이 개선되었다. Fig. 1은 다목적실용위성 3호의 형상을 보여준다.

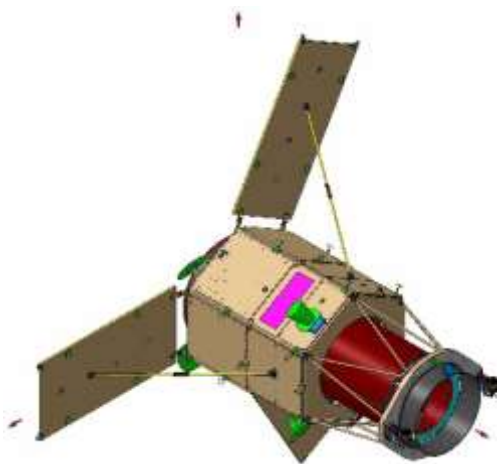


Figure 1. KOMPSAT-3 Configuration

다목적실용위성 3호와 다목적실용위성 3A호의 주요 제원은 Table. 1과 같다. 다목적실용위성 3A호는 다목적실용위성 3호와 같은 탑재체를 사용하고 있지만 낮은 고도에서 운영되어 해상도가 향상되었고, 추가적으로 3.3~ 5.2 μm 적외선 파장 대역 센서가 탑재되어 중적외선 영상을 제공하는 것이 특징이다.

Table 1. KOMPSAT-3/3A Characteristics

	KOMPSAT-3	KOMPSAT-3A
해상도 (직하기준)	흑백 0.7m, 칼라 2.8m	흑백 0.55m, 칼라 2.2m 적외선 5.5m
관측폭 (직하기준)	16.8km	12km
임무 설계 수명	4년	4년
궤도	고도 685 km 태양동기궤도	고도 528 km 태양동기궤도
자료 전송 속도	640 Mbps	640 Mbps

다목적실용위성 3호와 다목적실용위성 3A호의 관측 임무는 크게 지상 관측과 우주 관측으로 구분할 수 있다. 지상 관측의 경우 LVLH (Local Vertical Local Horizontal) 좌표계에서 위성 자세 제어를 수행하여 카메라가 목표 지점을 지향하고 지상 촬영이 수행된다. 우주 관측의 경우, 관성 좌표계에서 위성 자세 제어가 수행되며, 심우주 촬영이 수행된다. 촬영된 별 영상은 검보정 자료로 활용되고 있다. Fig. 2는 지상 관측과 우주 관측을 나타낸다.

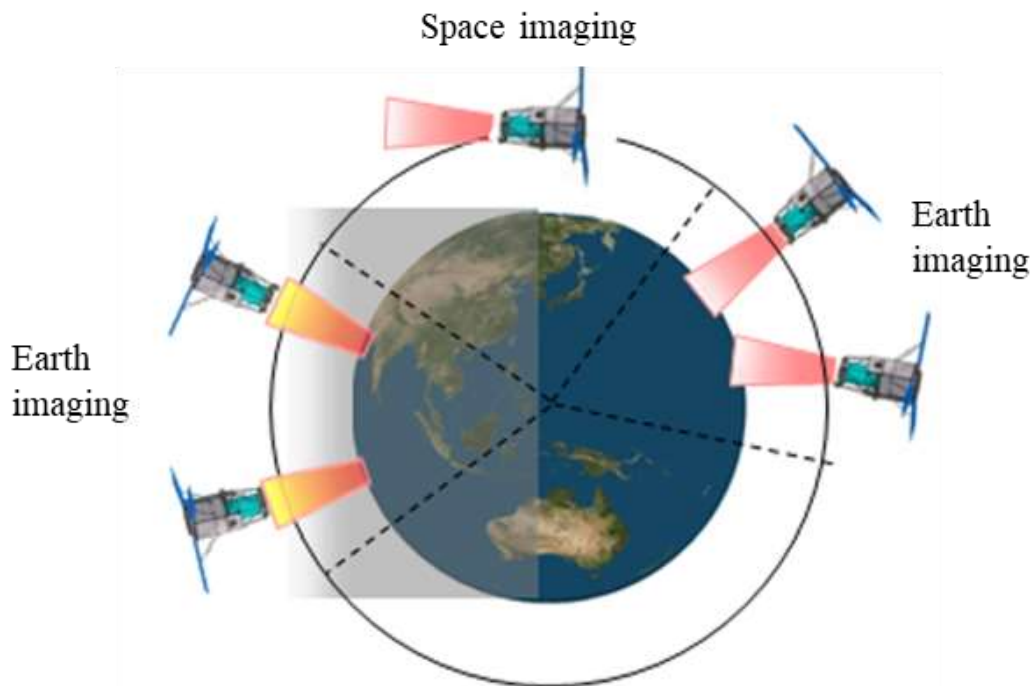


Figure 2. Earth & Space Observation

다목적실용위성 3호와 다목적실용위성 3A호는 기존 위성보다 높은 자세 기동 성능을 이용하여 그림 3과 같은 다양한 형태의 지상 촬영이 가능하다. 단일(Strip) 촬영의 경우 고정된 자세에서 위성 궤도 진행방향으로 스캔 형태로 촬영한다. 촬영 전에 자세 안정화 시간을 충분히 갖을 수 있어서 다른 촬영과 비교하여 획득되는 영상의 위치 정확도가 높다는 장점이 있다. 스테레오(Stereo) 촬영은 위성 진행방향과 90도가 되는 축을 중심

으로 회전하며 관심지역 전후로 촬영이 수행된다. 스테레오 방식으로 획득한 영상은 지상 물체의 높이를 추정 하는데 사용될 수 있다. 다중(Multi) 촬영은 동일 궤도에서 위성 자세를 여러 번 바꾸어 가며, 여러 지역을 촬영한다. 최대 촬영 수는 기동 성능에 의해 영향을 받는다. 광역임의(Wide arbitrary) 촬영은 위성 기동 성능을 이용하여 관심지역을 넓게 촬영할 수 있다.

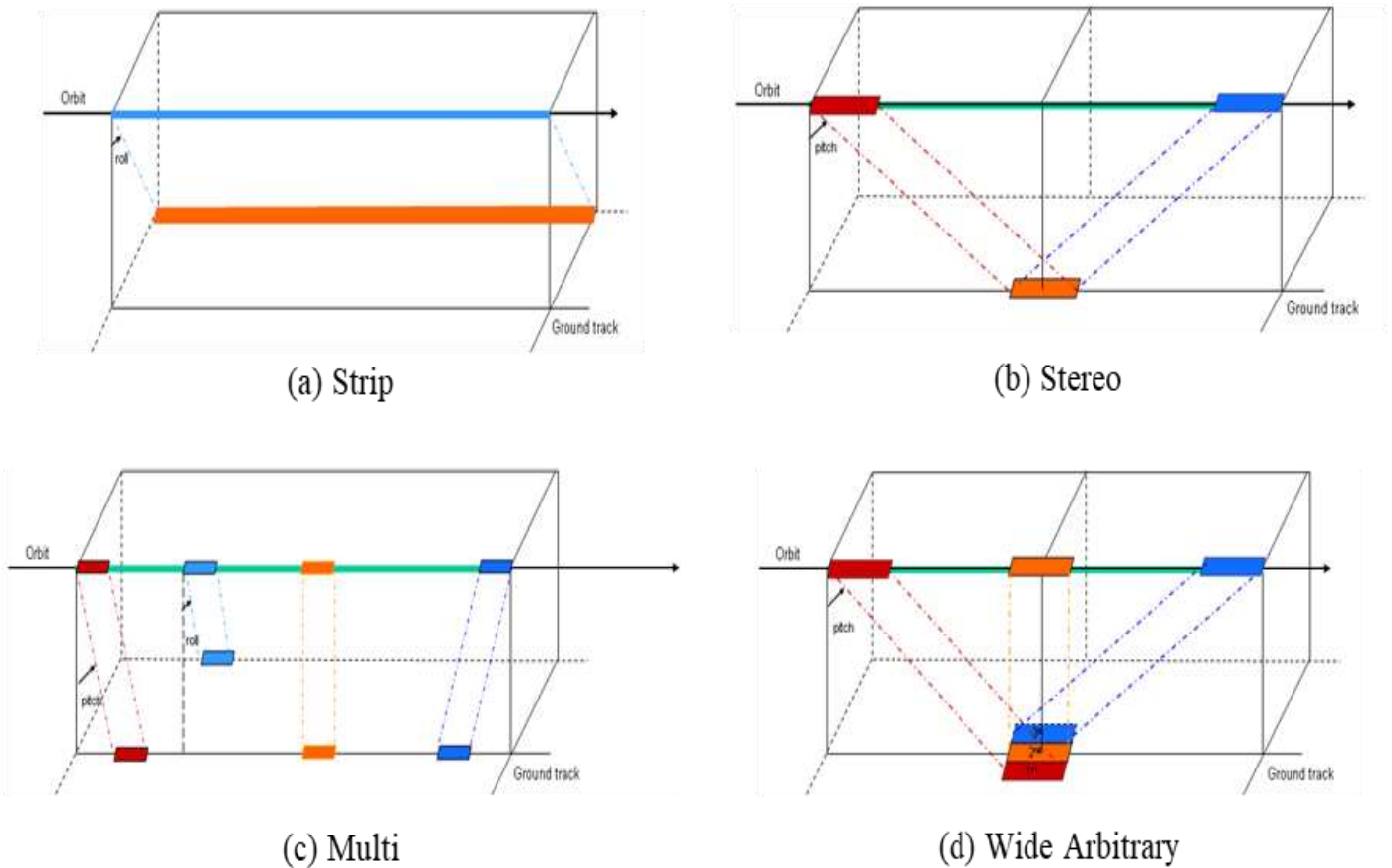


Figure 3. Imaging Mode

3. 자료 처리

다목적실용위성 3호와 다목적실용위성 3A호 영상제품은 Table. 2와 같이 제품에 적용되는 데이터 처리에 따라 L1R 제품과 L1G 제품으로 구분할 수 있다. L1R 제품군은 원시 영상에서 방사 보정과 공간 보정을 적용한 제품이다. 사용자가 위성 영상을 활용하는데 있어서 필요한 데이터 처리만을 적용한 제품이다. 컬러 영상과 흑백 영상을 동시에 볼 수 있도록 흑백 컬러 정합(Pan-MS registration)이 적용되며, 선명한 영상을 제공하기 위하여 MTF (Modulation Transfer Function) 보정이 적용된다. 또한, 빠른 영상 제공을 위해 위성 영상 위치를 결정하는데 위성에서 제공하는 궤도 결정(Orbit Determination, OD) 정보와 자세 결정(Attitude Determination, AD) 정보가 사용된다. L1G 영상 제품군은 기하보정이 추가 적용된다. 위성 영상 위치를 정밀하게 결정하기 위하여 정밀 궤도 결정(Precise Orbit Determination, POD) 정보와 정밀 자세 결정(Precise Attitude Determination, PAD) 정보가 사용된다. 이후 사용자는 지상기준점(Ground Control Point, GCP), 수치표고모형(Digital Elevation Model, DEM) 등을 이용하여 다양한 영상 제품을 생산할 수 있다.

Table 2. Image Product Level

Product Level	Description
L1R	<ul style="list-style-type: none"> - Basic Imagery - Without GCP, With OD& AD - Radiometric correction, sensor correction, geo-information included, MTF correction, Pan-MS registration
L1G	<ul style="list-style-type: none"> - Standard Imagery - Without GCP, With POD & PAD - Radiometric correction, sensor correction, geometrical correction, MTF correction, Pan-MS registration
L1G-1:50,000	<ul style="list-style-type: none"> - Without GCP, With POD & PAD - Need multi stereo images - DEM is provided by user - Radiometric correction, sensor correction, orthorectified correction, MTF correction, Pan-MS registration
L1G-1:25,000	<ul style="list-style-type: none"> - GCP/DTM is provided by user - With POD & PAD - Need two 1G-1:50,000 - Radiometric correction, sensor correction, orthorectified correction, MTF correction, Pan-MS registration
L1G-1:10,000	<ul style="list-style-type: none"> - GCP/DTM is provided by user - With POD & PAD - Need two 1G-1:25,000 - Radiometric correction, sensor correction, orthorectified correction, MTF correction, Pan-MS registration
L1G-1:5,000	<ul style="list-style-type: none"> - GCP/DTM is provided by user - With POD & PAD - Need two 1G-1:10,000 - Radiometric correction, sensor correction, orthorectified correction, MTF correction, Pan-MS registration

4. 품질 관리

다목적실용위성 3호와 다목적실용위성 3A호는 발사 이후 초기운영기간 동안 검보정 작업을 통해 영상 품질 수준이 확인되었다. 이후 정상 운영 기간에 주기적으로 위성영상 품질에 대한 모니터링이 수행되고 있다. 대표적인 위성 품질 지표로 방사품질로 신호대 잡음비(SNR, Signal to Noise Ratio), 기하 품질로 위성 영상 위치 정확도, 공간품질로 MTF(Modulation Transfer Function) 값이 지상 관측 및 우주 관측을 통해 품질 관리가 적용되고 있다.

초기 검보정 작업 기간 동안에는 주요 품질 매개변수를 기반으로 위성의 초기 특성을 확인하고, 영상제품처리시스템에 검보정 작업 결과를 업데이트하고, 최종적으로 위성 시스템 요구사항을 검정하는 작업이 수행된다. 초기 검보정 작업이 완료되면 정상운영기간이 시작되고 다목적실용위성 3호와 다목적실용위성 3A호 영상 제품은 사용자에게 배포된다. 정상운영기간 동안 다목적실용위성 3호와 다목적실용위성 3A호 영상자료가 활용되기 위해서는 초기 검보정 기간동안 분석된 성능 값이 지속적으로 유지되어야 한다. 하지만 위성체는 우주 환경에 지속적으로 노출되어 하드웨어 성능이 장기간에 걸쳐 열화될 가능성이 있다. 설계된 임무 수명 내에 위성이 임무를 온전하게 수행하기 위해서는 위성 영상 품질이 지속적으로 확인되고 관리될 필요가 있다. 또한, 위성 영상 품질 모니터링 자료는 위성이 설계된 임무 수명이 종료된 이후에 임무 연장을 결정하기 위한 기초 자료로 활용되고 있다. 다목적실용위성 3호의 경우에도 4년의 설계 임무 수명이 끝나고, 2년마다 임무 연장이 진행되고 있으며, 위성 영상 품질 모니터링 자료를 기초하여 임무연장이 결정되었다.

다목적실용위성3호와 다목적실용위성 3A호의 품질 특성 확인은 격월마다 주기적으로 수행되고 있으며, 영상자료는 방사, 공간, 기하 세 분야로 구분하여 품질 관리가 수행되고 있다.

기하 검보정은 위성이 발사된 이후 탑재체와 위성 본체 센서의 시간 동기화로부터 시작된다. 이후 별센서와 탑재체 정렬 오차를 지상 기준점을 이용하여 보정하고, 센서 모델 기반으로 내부 표정 요소를 결정한다. 정상 운영 기간에는 남반구와 북반구 전역에 배치된 지상 기준점을 이용하여 정확도 평가가 수행되고 있다. 그림 4는 2020년도 다목적실용위성3호와 다목적실용위성 3A호 영상의 위치 정확도를 보여준다. L1R 제품의 위치 정확도는 100미터 수준이며, L1G 제품의 위치 정확도는 10미터 수준이다. 정밀궤도결정과 정밀자세결정을 사용하는 L1G 제품이 L1R 제품보다 높은 위치 정확도를 제공함을 알 수 있다. 영상 판독이 중요한 활용의 경우 L1R 제품을 사용하는 것이 장점이 있으며, 영상 위치 정확도가 중요한 경우 L1G 제품을 사용하는 것이 유리하다.

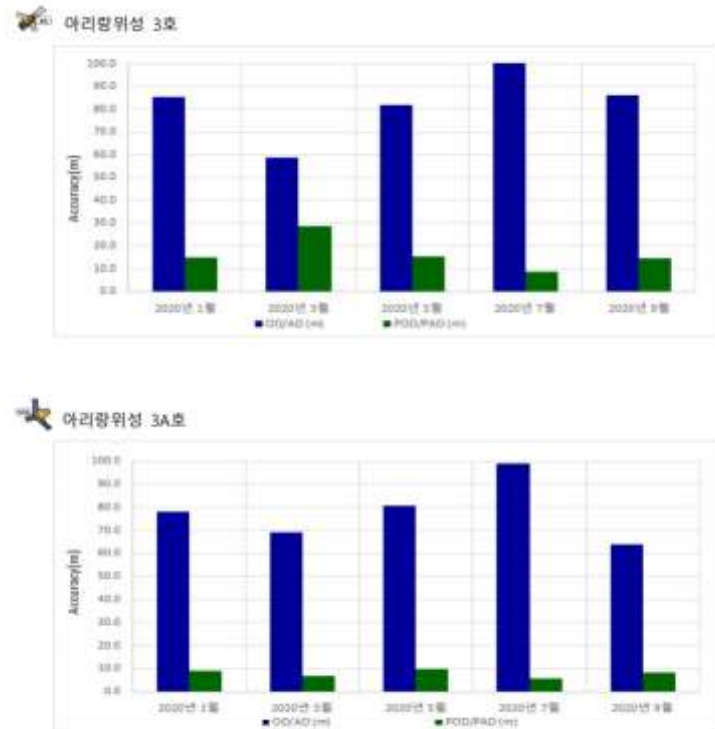


Figure 4. KOMPSAT-3/3A Geolocation Accuracy

공간 품질 인자인 MTF 값은 영상의 공간선명도 척도이다. MTF 값은 인공 엣지 타겟(Edge Target)을 촬영한 영상을 이용하여 값이 측정된다(Park et al., 2018, 2019). 한국항공우주연구원은 몽골 지역에 인공 엣지 타겟을 구축하여 다목적실용위성 3호와 다목적실용위성 3A호 MTF 값 측정에 사용하고 있다. 몽골 사이트는 한국항공우주연구원에서 KOMPSAT-3호 영상의 MTF 측정을 위해 개발된 사이트로, 다목적실용위성 3A호 영상에서도 지속적인 사용을 위하여 매년 유지보수를 수행하고 있다. 또한, 중국 바우타우 지역과 프랑스 샬롱 지역 등도 MTF 측정을 위해 사용하고 있다(Seo et al., 2015). Fig. 5는 공간 품질 인자인 MTF 값의 추세를 보여준다. 다목적실용위성 3호는 9%, 다목적실용위성 3A호는 12% 수준에서 값이 유지되고 있음을 알 수 있다. 지상 인공 물체 영상을 이용한 MTF 측정은 촬영 조건에 영향을 받기 때문에 별 촬영 영상을 이용한 MTF 값 측정도 추가적으로 수행되고 있다(Kang et al., 2015).

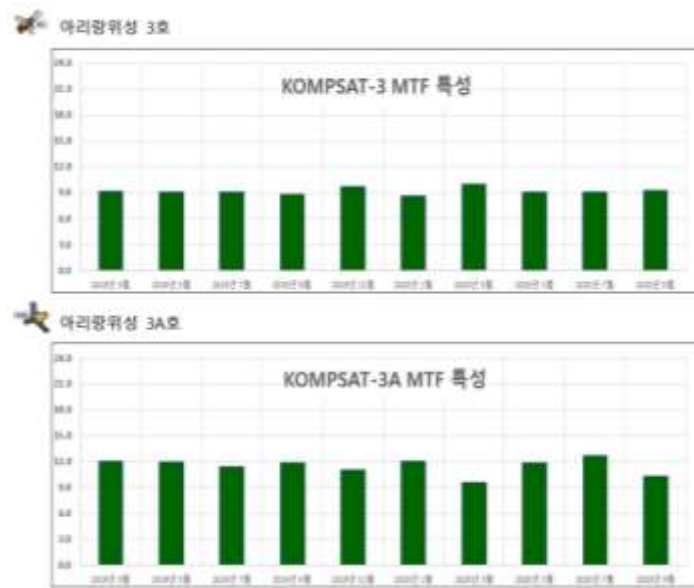


Figure 5. KOMPSAT-3/3A MTF

또한, 방사 품질인자로 균일성(Uniformity), 신호대 잡음비(SNR), 신호 범위(Dynamic Range)에 대한 품질 관리가 주기적으로 수행되고 있다.

카메라 픽셀들의 균일성 확인은 side-slither라는 특수촬영을 통하여 카메라의 픽셀들이 동일 객체를 지나도록 하여 관측폭 방향의 균일성을 확보한다(Kim et al., 2021, Seo et al., 2014). 불균일 보정(NUC, Non uniformity correction)은 side-slither 영상을 기반으로 수행되며, 1차 다항식 형태의 불균일 보정표를 결정하고 이를 탑재체에 적용한다. 또한, 잡음 보상은 바다, 사막, 지상, 빙하, 도심 등의 다양한 영상자료를 촬영하여 노이즈의 주기, 강도, 위치 등을 정의하고 노이즈 보상 알고리즘을 통해 영상 품질을 개선한다. 이와 같은 과정을 적용한 이후 최종적으로 신호대 잡음 성능 값이 측정된다(Seo et al., 2021). 신호대 잡음 성능 측정은 영상 균일한 영역을 추출하고, 이를 이용하여 값을 추정한다. 신호대 잡음 성능은 입력 값에 영향을 받는데 현재 신호대 잡음 성능 측정에 사용되는 옛지 타겟은 대부분 북반구에 위치하고 있어서 영상이 어두운 겨울철 측정 값은 제외하고 있다. Fig. 6은 다목적실용위성 3호의 side-slither를 이용한 흑백 채널의 영상 특성을 보여준다. Side-slither 영상을 이용하여 불균일 보정을 적용한 이후 평균 신호대 잡음 성능 값이 요구 정확도를 만족하는지 여부를 확인하고 있다. 또한 신호 범위 관련하여 매우 어두운 영역이나 매우 밝은 영역에서 영상 값이 너무 낮거나 너무 높지 않도록 촬영 변수인 TDI(Time Delay Integration) 수준을 결정하고 있다.

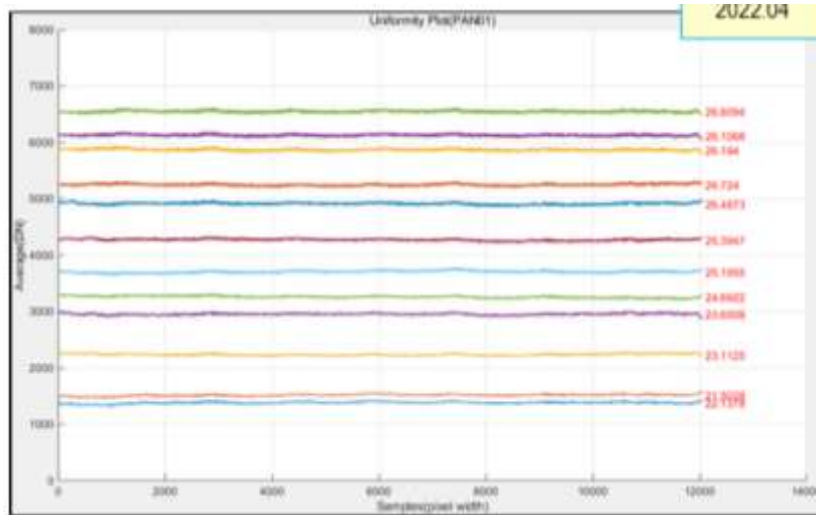


Figure 6. KOMPSAT-3 PAN Detector 1 Uniformity

한국항공우주연구원은 주기적으로 다목적실용위성 3호와 다목적실용위성 3A호 위성 영상에 대한 품질 관리를 수행하고 있으며, 위성 품질의 열화가 있다고 판단되면, 검보정 작업을 수행하여 영상 품질을 개선하고 있다. 예를 들면 MTF 값은 위성 카메라의 초점 메커니즘에 의해 영향을 받는데 2016년 11월 초점 재조정을 통해 공간선명도를 개선하였다.

5. 데이터 제공

다목적실용위성 3호와 다목적실용위성 3A호는 전세계 다양한 지역의 영상을 촬영하고 있다. Fig. 7과 Fig. 8은 각각 다목적실용위성 3호와 다목적실용위성 3A호의 전세계 획득 영상 현황을 보여준다. 2022년 기준으로 다목적실용위성 3호는 약 230만장, 다목적실용위성 3A호는 약 110만장의 전세계 영상을 보유하고 있다.

다목적실용위성 3호와 다목적실용위성 3A호 제품에 대한 검색 및 주문은 아리랑위성 주문 및 검색 시스템 (<https://ksatdb.kari.re.kr/ariang/>)를 이용하여 수행할 수 있다. 사용자는 위성이 기존에 촬영한 지역의 영상을 카탈로그를 통해 확인하고 이를 주문하거나 신규 촬영을 요청할 수 있다. 다목적실용위성 검색 주문 시스템의 메인 화면(<https://ksatdb.kari.re.kr/>)에서는 위성 영상, 활용 사례 정보를 제공하고 있으며, 자료실에서는 아리랑 위성영상 품질 보고서를 제공하고 있다.



Figure 7. KOMPSAT-3 Image Collection Status

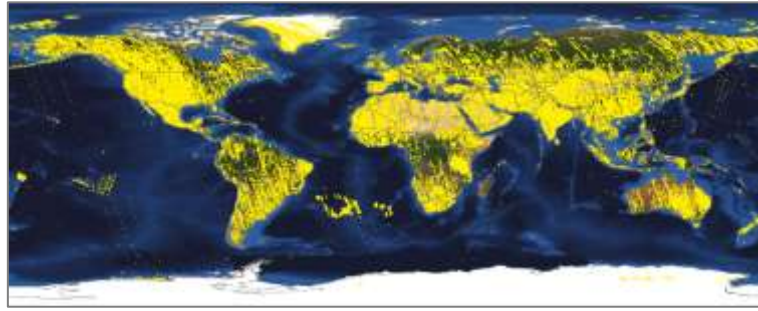


Figure 8. KOMPSAT-3A Image Collection Status

6. 결론

한국항공우주연구원은 광학 위성인 다목적실용위성 3호와 다목적실용위성 3A호 영상 제품을 사용자에게 제공하고 있다. 위성 영상 사용자들에게 위성 영상 품질에 대한 신뢰성을 제공하기 위하여 한국항공우주연구원은 위성이 발사된 이후 정상 운영 기간에 주기적으로 위성 영상 품질 관리를 수행하고 있으며 이를 지속적으로 수행할 예정이다. 이러한 품질 관리 및 서비스 활동은 국토, 산림, 농림, 해양 등 다양한 분야에서 위성 영상 활용 증진과 지구관측 분야 연구에 도움이 될 것으로 예상된다.

7. 사사

본 연구는 한국항공우주연구원의 위성정보활용사업(FR22H00)을 통해 수행되었다.

8. 참고문헌

- Kang, C.H, Chung, J.H., Kim, Y.H., (2015) On-orbit MTF estimation for the KOMPSAT-3 satellite using star images, *Remote Sensing Letters*, 6(12), 1002-1011.
- Kim, H.H., Seo, D.C., Jung, J.H., Kim, Y.W., (2021) A Study on Non-uniformity Correction Method Through Uniform Area Detection Using KOMPSAT-3 Side-Slider Image, *Korean Journal of Remote Sensing*, 37(5), 1013-1027.
- Kim, H.S., (2012). KOMPSAT-3 Development and Operation, *KSAS magazine*, 6(2), 59-68.
- Park, D.S., Lee, D.H., Seo, D.C., Jung, J.H., Seo, Y.K., Kim, H.H., (2018) Analysis on Refinement of On-orbit MTF Measurement using Edge Target, *JACIE 2018*.
- Park, D.S., Lee, D.H., Helder, D., Jung, J.H., Seo, D.C., (2018) Spatial Quality from Edge target imaged by KOMPSAT-3, *JACIE 2018*.
- Park, D.S., Lee, D.H., Seo, D.C., Jung, J.H., Seo, Y.K., Kim, H.H., (2019) MTF Measurement Algorithm Refining based on KOMPSAT-3 Image, *CEOS WGCV IVOS 31*.
- Seo, D.C., Jung, J.H., (2014), Non-Uniformity Correction of KOMPSAT-3 Imaging Using Side Slither Technique, *Korean Society for Geo-Spatial Information System 2014 Conference*, 195-196.
- Seo, D.C., Hong, G.B., (2015) Overview of KOMPSAT Calibration & Validation Sites, *2015 KSGPC Spring Conference*, 251-253.
- Seo, D.C., Jung, J.H., Kim, S.Y., Lee, D.H., (2017) Overview of KOMPSAT-2/3/3A Image Quality during Normal Operation Phase, *2017 KSGPC Spring Conference*, 79-81.

Seo, D.C., Kim, H.H., Jung, J.H., Lee, D.H., (2020). Characteristics of KOMPSAT-3A Key Image Quality Parameters During Normal Operation Phase, Korean Journal of Remote Sensing, 36(6), 1493-1507.

Seo, Y.K., Lee, D.H., Choi, S. W., Jin, K.W., Yoo, D.H., Jung, J.H., Seo, D.C., (2021) Improvement of SNR Measurement Algorithm using Side-Slither Image of KOMPSAT-3A, 2021 KSGPC Fall Conference, 472-475.

9. 데이터셋에 대한 메타데이터

Sort	Field	Subcategory#1	Subcategory#2
Essential	*Title	KOMPSAT-3 and KOMPSAT-3A product	
	*DOI name	10.22761/DATA/2022.4.4.004	
	*Category	Geoscientificinformation	
	Abstract	KOMPSAT-3 and KOMPSAT-3A product level can be classified by L1R and L1G. The product is available on-line at https://ksatdb.kari.re.kr/arirang/	
	*Temporal Coverage	KOMPSAT-3 from 2012 KOMPSAT-3A from 2015	
	*Spatial Coverage	Earth, Worldwide	
		WGS84 Coordinates	
	*Personnel	Name	Heeseob Kim
		Affiliation	Owner (Korea Aerospace Research Institute)
E-mail		askhs@kari.re.kr	
*CC License			
Optional	*Project	Satellite Information Application Project of Korea Aerospace Research Institute	FR22H00
	*Instrument	KOMPSAT-3, KOMPSAT-3A (KARI)	