

# Radargrammetry 적용을 위한 위도에 따른 KOMPSAT-5 궤도 분석

장소영 · 이훈열

강원대학교 지구물리학과

## Analysis of KOMPSAT-5 Orbit for Radargrammetry at Different Latitudes

Soyoung Jang and Hoonyol Lee

Department of Geophysics, Kangwon National University

**요약** : 2010년 5월에 발사 예정인 KOMPSAT-5(KOrea Multi-Purpose SATellite-5)는 KOMPSAT-1, 2호에 탑재된 광학센서와는 달리 기상상태와 태양고도에 제약을 받지 않고 자료 획득이 가능한 SAR 시스템이 탑재된다. 본 연구에서는 KOMPSAT-5의 SAR 시스템으로부터 radargrammetry 기법을 적용하기 위해 위성의 궤도와 영상 모드를 분석하였다. Radargrammetry 적용을 위한 SAR 영상 pair의 parallax의 height sensitivity를 이론상으로 계산하였다. 그리고 STK 소프트웨어를 사용하여 대전과 남극 세종기지에서의 최적 조건을 각각 예시하였다. 입사각이 20°-45°가 되는 nominal mode의 descending pass만을 사용하여 height sensitivity가 0.5-0.75 사이의 영상 조합을 찾았다. 그 결과 Pass Number 쌍으로서, 대전은 5-4, 7-5, 8-5의 영상 조합을 하였을 때 radargrammetry 적용이 용이하고, 남극 세종기지는 8-6, 9-7, 10-7, 11-8, 12-8, 13-9, 14-9, 15-9, 15-10, 15-11의 영상 조합을 하였을 때 radargrammetry 적용이 가능한 것으로 예측되었다.

### 1. 서론

Radargrammetry 기법은 서로 다른 입사각에서 촬영한 두 장의 레이더영상을 이용하여 DEM을 구축하는 기법을 말한다. 특히 SAR 영상은 주/야, 기상상태 조건에 상관없이 고해상도의 영상을 얻을 수 있기 때문에 radargrammetry 기법을 사용하는데 매우 유용하다.

Radargrammetry 기법은 지상의 한 지

점에 대해 두 쌍의 영상을 서로 반대방향으로 촬영하는 opposite-side radargrammetry (OSR) 기법과 같은 방향으로 촬영하는 same-side radargrammetry (SSR) 기법이 있다. OSR은 SSR보다 고도에 대한 민감도가 훨씬 높게 나타나지만, 심한 지형왜곡으로 인하여 DEM을 산출하기 어렵다(Lee, 2003). 따라서 이 논문에서는 SSR 기법만을 고려하였다.

2010년 5월에 발사 예정인 KOMPSAT-5는 COSI라 불리는 고해상도 SAR 시스템을 탑재할 예정이다.

본 연구에서는 STK 소프트웨어에서 구현된 KOMPSAT-5의 궤도에서 지상의 특정 지점에 대한 elevation angle과 입사각을 구하였다. 그리고 ascending pass는 descending pass와 유사한 궤도 양상을 보인다. 본 논문에서는 descending pass만을 사용하여 height sensitivity를 구하였고, 그 중 radargrammetry 적용이 가능한 영상 조합을 제시하였다.

## 2. 연구 방법

KOMPSAT-5는 550 km의 고도를 가지며, 20°-45°의 nominal mode에서는 185-490 km, 45°-55°의 extended mode에서는 490-675 km의 ground coverage를 갖는다. 인접한 pass 거리가 95 km인 적도에서 0.6-0.9의 height sensitivity 값을 갖는 radargrammetry가 가능한 영상 조합은 pass number 5-3과 3-2로 계산된 바 있다(Lee, 2007). 그러나 Fig. 1은 인접 pass가 95km인 적도에서만 적용되는 것으로서, 일반적으로 인접한 pass간의 거리는 고위도일수록 좁아지는 등, 위도에 따라 복잡한 양상을 보인다.

본 논문에서는 인공위성의 궤도를 계산해주는 STK 소프트웨어를 사용하여 특정 지상 지점에 대한 위성의 입사각을 찾고, 아래의 식을 통해 radargrammetry 영상 쌍의 parallax에 대한 height sensitivity를 구하여 radargrammetry를 구현할 최적 영상 조합을 찾았다.

$$\frac{\partial s}{\partial h} = \cot\theta_2 - \cot\theta_1 \quad (1)$$

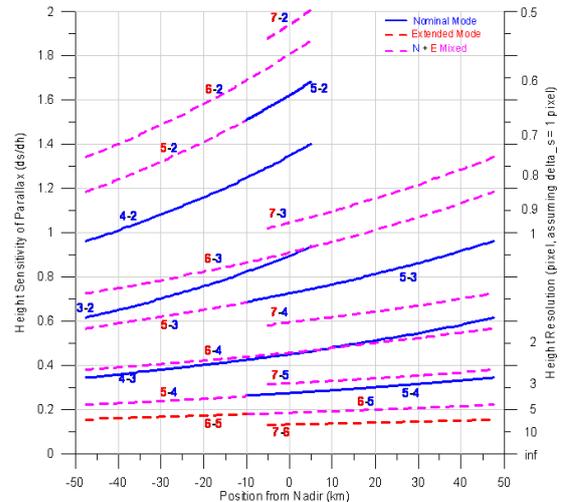


Figure 1. Height sensitivity of parallax at equator (Lee, 2007).

먼저, STK 소프트웨어를 이용하여 KOMPSAT-5의 궤도 조건을 구현하였다. 그리고 대전과 남극 세종기지에 ground station을 구축하여 radargrammetry 조건을 예를 들어 계산하였다. STK 소프트웨어에서는 입사각을 직접적으로 구할 수 없었기 때문에 입사각과 보각관계에 있는 elevation angle을 구하여 계산하였다. Table 1과 2는 대전과 남극 세종기지에서의 elevation angle과 incidence angle을 나타낸 것이다.

## 3. 연구 결과

Table 3은 대전에서의 height sensitivity 값을 나타낸다. 특히 입사각의 차이가 가장 큰 pass number 쌍인 8-4 쌍은 1.30으로 height sensitivity가 가장 높으며, 입사각의 차이가 가장 작은 8-7 쌍은 0.16으로 height sensitivity가 가장 작게 나타난다. 이로부터 입사각의 차이가 클수록 height sensitivity는 높은 값으로 나타나는 것을 알 수 있었다. 하지만

Table 1. Elevation angle and incidence angle of KOMPSAT-5 COSI at Daejeon.

Pass Number(n)	Elevation angle	Incidence angle
4	67.08°	22.92°
5	60.95°	29.05°
6	55.54°	34.46°
7	50.86°	39.14°
8	46.84°	43.16°
9	43.38°	46.62°

height sensitivity는 foreshortening, layover, shadow와 같은 지형 왜곡에 의한 한계점이 있으므로 0.1-1사이의 height sensitivity 값을 나타내는 것이 radargrammetry 적용에 용이하다.

Table 3에서는 입사각이 20°-45°인 nominal mode에서의 descending pass만을 이용하였고, 최적의 height sensitivity의 값은 0.5-0.75 사이의 값을 선택하였다. 그 결과 Table 3에서는 pass number 쌍으로

Table 2. Elevation angle and incidence angle of KOMPSAT-5 COSI at Sejong Antactic Station.

Pass Number	Elevation angle	Incidence angle
6	70.03°	19.97°
7	66.83°	23.17°
8	63.92°	26.08°
9	60.97°	29.03°
10	58.21°	31.79°
11	55.64°	34.36°
12	53.31°	36.69°
13	51.09°	38.91°
14	49.07°	40.93°
15	47.17°	42.83°
16	45.42°	44.58°
17	43.82°	46.18°

Table 3. Height sensitivity of parallax at Daejeon in terms of incidence angles ( $\Theta_1$  and  $\Theta_2$ ) and pass number (n).

$\Theta_2$ (n)	22.92° (4)	29.05° (5)	34.46° (6)	39.14° (7)	46.62° (8)
$\Theta_1$ (n)					
22.92° (4)	0.00	-0.56	-0.91	-1.14	-1.30
29.05° (5)	0.56	0.00	-0.34	-0.57	-0.73
34.46° (6)	0.91	0.34	0.00	-0.23	-0.39
39.14° (7)	1.14	0.57	0.23	0.00	-0.16
46.62° (8)	1.30	0.73	0.39	0.16	0.00

서 5-4, 7-5, 8-5의 세 쌍이 최적의 radargrammetry 영상 쌍으로 제시되었다.

Table 4는 남극 세종기지의 height sensitivity의 값을 나타낸 것이다. Height sensitivity가 0.5-0.75 사이인 최적의 영상 pass number 조합은 8-6, 9-7, 10-7, 11-8, 12-8, 13-9, 14-9, 15-9, 15-10, 16-10의 열 쌍이 제시되었다.

Table 3과 4에서 영상 조합은 고위도로 갈수록 그 수가 많아진다. 특히, 극으로 갈수록 영상 조합이 많아지는 것으로 보아 radargrammetry를 활용할 기회가 많을 것으로 판단된다.

#### 4. 결론

본 논문에서는 STK 소프트웨어를 이용하여 KOMPSAT-5의 궤도를 구현하였고 위도가 다른 지점에서 radargrammetry 적용이 가능한 영상 조합을 제시하였다.

Descending orbit일 때 nominal mode 영상에 대하여 적도에서는 두 쌍, 대전은 세 쌍, 남극 세종기지는 열 쌍의 영상 조합에서 radargrammetry가 양호한 것으로 계산되었다. 이는 극으로 갈수록 인접

Table 4. Height sensitivity of parallax at Sejong antarctic station in terms of incidence angles ( $\theta_1$  and  $\theta_2$  in degree) and pass number (n).

$\theta_1$ \ $\theta_2$ (n)	19.97° (6)	23.17° (7)	26.08° (8)	29.03° (9)	31.79° (10)	34.36° (11)	36.69° (12)	38.91° (13)	40.93° (14)	44.58° (15)	46.18° (16)
19.97° (6)	0.00	-0.42	-0.71	-0.95	-1.14	-1.29	-1.41	-1.51	-1.60	-1.67	-1.74
23.17° (7)	0.42	0.00	-0.29	-0.53	-0.72	-0.87	-0.99	-1.10	-1.18	-1.26	-1.32
26.08° (8)	0.71	0.29	0.00	-0.24	-0.43	-0.58	-0.70	-0.80	-0.89	-0.96	-1.03
29.03° (9)	0.95	0.53	0.24	0.00	-0.19	-0.34	-0.46	-0.56	-0.65	-0.72	-0.79
31.79° (10)	1.14	0.72	0.43	0.19	0.00	-0.15	-0.27	-0.37	-0.46	-0.53	-0.60
34.36° (11)	1.29	0.87	0.58	0.34	0.15	0.00	-0.12	-0.22	-0.31	-0.38	-0.45
36.69° (12)	1.41	0.99	0.70	0.46	0.27	0.12	0.00	-0.10	-0.19	-0.26	-0.33
38.91° (13)	1.51	1.10	0.80	0.56	0.37	0.22	0.10	0.00	-0.09	-0.16	-0.22
40.93° (14)	1.60	1.18	0.89	0.65	0.46	0.31	0.19	0.09	0.00	-0.07	-0.14
44.58° (15)	1.67	1.26	0.96	0.72	0.53	0.38	0.26	0.16	0.07	0.00	-0.06
46.18° (16)	1.74	1.32	1.03	0.79	0.60	0.45	0.33	0.22	0.14	0.06	0.00

pass 거리가 줄어드는 경향을 보이고, 이에 따라 중위도 지역보다 극위도 지역을 지나는 궤도가 많은 것을 알 수 있다. 따라서 극지방일수록 영상 조합의 수가 증가하고, radargrammetry 기회가 많을 것으로 판단된다. 또한 descending pass만이 아니라 ascending pass를 사용하면 radargrammetry에 적합한 최적의 영상 조합이 보다 더 많을 것이다.

이 연구를 통해 위도가 다른 여러 지역에서도 radargrammetry가 가능한 최적의 영상 조합을 제시할 수 있을 것이다. 앞으로 KOMPSAT-5가 발사되어 영상이 얻어졌을 때, 본 논문에서 제시한 영상 조합에 대한 검증이 필요하다.

### 사사

이 연구는 한국항공우주연구원의 다목

적실용위성 5호 시스템종합개발사업의 지원을 받았다. 궤도 계산을 위하여 STK 소프트웨어 평가판을 사용하였다.

### 참고 문헌

- H. Lee, J. V. Morgan and M. R. Warner, 2003. Radargrammetry of opposite-side stereo Magellan synthetic aperture radar on Venus, IGARSS'03, Toulouse, France, July
- H. Lee, 2007. Radargrammetry of high resolution synthetic aperture radar-A theoretical study, Proceedings of the International Symposium on Remote Sensing 2007, Jeju, Korea, 31 Oct. - 2 Nov. CD-ROM.