

# 1960년대 한반도 모자이크 영상 제작

## Image Mosaic of 1960s Satellite Photographs Covering Korean Peninsula

손홍규<sup>1)</sup> · 김기홍<sup>2)</sup> · 박종현<sup>3)</sup> · 이진화<sup>4)</sup>

Sohn, Hong Gyoo · Kim, Gi Hong · Park, Jong Hyun · Lee, Jin Hwa

<sup>1)</sup> 연세대학교 공과대학 사회환경시스템공학부 조교수(E-mail:sohn1@yonsei.ac.kr)

<sup>2)</sup> 연세대학교 대학원 토목공학과 박사과정(E-mail:sfmacho@yonsei.ac.kr)

<sup>3)</sup> 한국전자통신연구원 선임연구원(E-mail:jhp@etri.re.kr)

<sup>4)</sup> 연세대학교 대학원 토목공학과 석사과정(E-mail:vudvud@hanmail.net)

### 요 지

우리나라는 1960년대부터 산업발전과 함께, 급속한 도시화가 이루어졌다. 현재 활용 가능한 위성영상은 1975년 이후에 얻어진 영상이기 때문에 미국에서 1995년 일반에 공개된 DSI (Declassified Satellite Imagery) 영상은 1960년대 한반도의 지형정보를 제공하는 유일한 위성영상 자료이며 DSI 중 해상도가 2m 급에 이르는 CORONA 영상은 도시, 산림 환경의 변화를 탐지하는데 매우 유용하다. 본 논문에서의 과거의 한반도를 영상지도로 만들기 위해 모자이크 영상을 제작하였으며 모자이크 영상을 제작하기 위한 기하보정 방법에 대해 비교 분석하였다. 또한 최근 공개된 KH-9 영상을 기하보정하고 정확도를 분석하였다.

### 1. 서 론

본 연구에서 활용하고자하는 영상인 CORONA 필름(1960년-1972년)은 1995년 미국이 필름을 일반에 공개한 DSI (Declassified Satellite Imagery) 중의 하나이다. DSI 영상은 크게 DSI-1과 DSI-2로 구분할 수 있다. DSI-1은 CORONA 이 외에도 ARGON, LANYARD 위성으로 구성되며 1959년부터 1972년에 걸쳐 취득된 약 880,000개의 영상으로 이루어져있다. DSI-2는 KH-7 surveillance system과 KH-9 mapping system으로부터 1963년에서 1980년에 걸쳐 취득된 약 50,000개의 영상으로 구성된다.

LANDSAT은 미국이 1972년에 세계에서 처음으로 발사한 본격적인 지구관측 위성으로, 적절한 공간 해상도와 관측주기를 통해 광범위한 지역에 대한 유용한 정보를 제공하고 있다. 그러나 1960년대부터 본격적인 도시화가 이루어진 우리나라의 1972년 이전의 자료를 제공할 수 있는 영상은 CORONA가 유일한 자료로써, 변화탐지분야와 과거의 토지피복, 시설물 등의 모니터링에 활용성이 크게 기대된다. 외국의 경우 CORONA와 같은 시기에 수행된 프로그램 중의 하나인 프레임 사진기 형태의 ARGON 영상을 이용하여 변화 탐지를 위한 Greenland 지역의 모자이크 영상을 제작한 바 있다 (Zhou 등, 2002).

본 연구에서는 파노라마 사진기 형태인 CORONA 영상을 이용한 1960년대 한반도 모자이크 영상 제작을 위해, 기하보정방법을 비교 분석하여 가장 적절한 방법을 제시하고 모자이크 수행 시 다른 스트림간에 발생하는 방사학적 문제점을 개선함으로써 과거 한반도 모자이크 영상의 질을 향상시키고자 하였다. 또한, DSI-1 영상인 CORONA 영상 뿐 아니라 DSI-2 영상인 KH-9 영상에 대한 기하보정을 수행함으로써 과거 한반도 영상에 대한 활용가능성을 제시하였다.

## 2. CRONA 영상 기하보정

### 2.1 연구 과정

본 연구에서 모자이크 제작에 사용된 CORONA 영상은 30 $\mu$ m로 스캐닝된 KH4-B영상으로 약10m의 지상해상도를 가지며, 서울(1967년), 충청(1968년), 강원경상(1969년)의 일부지역을 포함한다. 기준점은 CORONA 영상과 가까운 시기의 기하보정된 LANDSAT영상(30m 해상도)으로부터 취득하였다. 또한 모자이크를 수행하기 전에 기하보정의 정확도분석을 위해, 8 $\mu$ m로 스캐닝된 지상해상도 약 3m의 대전지역을 샘플지역으로 선정하여 연구를 수행하였으며 대전지역의 기준점은 1:5000 수치지도를 이용하여 취득하였다. 기하보정 정확도분석 수행과정은 그림 1과 같다.

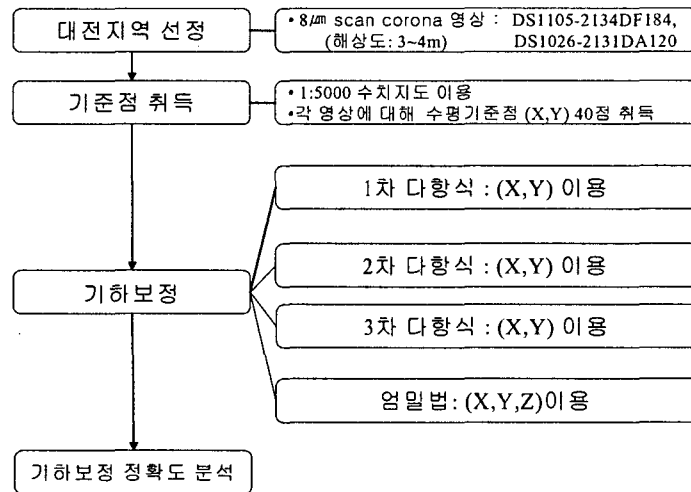


그림 1. 기하보정 정확도분석 수행 과정  
( 8 $\mu$ m로 스캐닝된 대전지역)

### 2.2 정확도 검증을 위해 사용 영상

본 연구에서 사용된 CORONA 영상은 원본 필름의 길이가 30 in $\times$ 2.2 in(=5.5 cm $\times$ 75.7 cm)로 한번에 스캐닝 할 수 없으므로 4등분하여 스캐닝 하였다. CORONA 영상의 경우 파노라마 방식의 촬영으로 인해 중심부분에서 가장자리 부분으로 갈수록 영상의 왜곡이 심하므로, 중심부분의 2개의 영상과 가장자리의 2개의 영상의 왜곡정도에도 차이가 난다. 대전지역을 포함하는 두 영상을(184번, 120번) 이용하여 이 두 가지 경우에 대한 정확도를 비교해 보았다. 사용된 영상은 그림 2에서 사각형으로 표시된 부분이다.



그림 2. 184번 영상(위), 120번 영상(아래)

### 2.3 각 방법에 따른 정확도 분석

다항식을 이용한 방법의 경우 두 영상 각각에 대해 20점은 평면 지상기준점(X,Y)으로 나머지 20점은 검사점으로 선택하여 기하보정 결과를 평가하였으며 각 방법에 따른 RMSE (Root Mean Square Error)는 표 1, 2와 같다. 특히, 엄밀법은 X, Y, Z의 3차원 기준점을 이용하였고, CORONA 영상의 경우 센서에 대한 정보와 위성궤도에 대한 정보를 제공하지 않기 때문에 영상취득기하를 추정하고 이를 미지의 매개변수로 모형화한 후 지상기준점을 통한 조정으로 기하보정을 수행하였다(손홍규 등, 2002).

표 1. 184번 영상 RMSE (단위 : 영상소)

CASE	RMSE (x)	RMSE (y)
1차 다항식	96.6	47.9
2차 다항식	71.8	17.8
3차 다항식	72.8	64.4
엄밀식	5.0	5.9

표 2. 120번 영상 RMSE (단위 : 영상소)

CASE	RMSE (x)	RMSE (y)
1차 다항식	33.3	15.6
2차 다항식	10.9	6.1
3차 다항식	7.9	6.5
엄밀식	3.9	5.1

표 1,2에서의 결과와 같이 엄밀법이 가장 정확한 결과를 나타내었으며, 2차 다항식과 3차 다항식의 경우 결과의 큰 차이를 보이지 않았다. 그러나 184번 영상과 120번 영상의 결과를 비교해보면 같은 방법에 대해서도 120번 영상의 결과가 더 정확하다. 이는 그림 2에서 보듯이 두 영상의 위치차이에서 발생한 것으로 파노라마 사진기의 특성상 가장자리의 왜곡이 중심부분의 왜곡보다 크기 때문이다. 엄밀법의 경우 가장 정확한 결과를 나타내지만 지상기준점의 X, Y, Z값을 모두 취득하여야 하는데, 1960년대 한반도 전체에 대한 많은 수의 3차원 지상기준점을 수치지도로부터 취득하는 것은 비용과 시간 면에서 매우 어려운 작업이다. 본 연구의 목적은 모자이크 영상을 제작하기 위함이며, 따라서 상당한 비용과 시간이 소요되는 엄밀법보다는 간략법을 사용하는 것이 적절하다고 판단된다. 다항식모형의 경우는 2차 다항식과 3차 다항식의 결과가 비슷하였는데 대전지역 이외의 다른 지역에 같은 연구를 수행한 결과 2차 다항식이 좀더 안정적이므로 최종적으로 2차 다항식을 선택하였다.

2차 다항식을 기준으로 각 영상마다 취득할 적절한 기준점의 수를 결정하기 위하여 기준점의 수를 다양하게 하여 그 결과를 비교하여 보았다 (표 3). CORONA 영상의 경우 해상도가 높고 경사사진이기 때문에 2차원 기준점과 검사점을 이용할 경우 정확도에 가장 큰 영향을 미치는 변수는 기복변위이다. 표 3에서의 결과를 분석하면 검사점의 RMSE는 기준점 수에 따른 영향 보다는 기준점과 검사점이 존재하는 곳의 기복변위의 정도 즉 배치에 의한 영향이 큰 것을 알 수 있었다.

표 3. 기준점 수에 따른 RMSE (단위 : 영상소)

기준점 수	184번 영상		120번 영상	
	RMSE (x)	RMSE (y)	RMSE (x)	RMSE (y)
10 개	63.1	39.3	11.4	6.4
15 개	67.0	30.5	12.7	7.3
20 개	71.8	17.8	10.9	6.1

### 3. CORONA 영상 모자이크 수행

#### 3.1 모자이크 범위

북한(1965년, ①,②), 함경(1964년, ③), 황해도(1968년, ④), 서울·강원일부(1967년, ⑤), 충청(1968년, ⑥), 강원·경상(1969년, ⑦) 전라(1965년, ⑧), 경남(1962년, ⑨), 제주(1964년, ⑩)의 10개의 스트립에 대해 모자이크를 수행하였으며, 각 영상당 20개의 기준점을 취득하고 2차 다항식을 사용하여 기하보정을 수행하였다. 각 영상의 촬영범위는 USGS에서 제공하는 영상 위치정보에 따른 footprint로 확인이 가능하지만, 실제 촬영범위와는 많은 차이를 가진다. 그림 3에서 볼 수 있듯이 위성의 비행방향으로 일정한 차이를 보인다. 따라서 USGS에서 CORONA 영상의 구입 시 footprint만 보고 구입해서는 안 되며, 웹상에서 제공되는 필름의 overview를 보고 확인하는 과정이 필요하다.

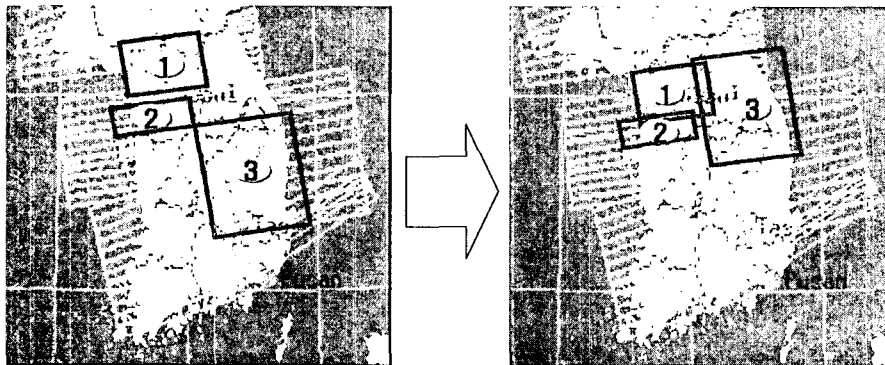


그림 3. USGS에서 제공하는 Footprint상의 촬영범위(왼쪽)와 실제 범위(오른쪽)

#### 3.2 모자이크 제작

한반도 전체에 대한 수치지도를 구하기 힘들뿐만 아니라 기준점 관측도 매우 어려우므로 30m 해상도의 기하보정된 LANDSAT 영상에서 2차원 기준점을 취득한 후 이를 활용하였다. 2차 다항식을 사용하여 기하보정을 수행하였기 때문에 기하보정의 정확도는 낮다. 따라서, cutline을 없애기 위한 feathering 기법을 적용할 시 중복지역에 대해 영상의 흐트러짐이 발생하였다.

한 스트립 내의 영상들은 같은 시간대, 같은 사진기로 촬영된 영상이기 때문에 방사학적인 차이가 없으므로, 같은 스트립 내에서 히스토그램 매칭은 수행할 필요가 없었고 다른 스트립과의 모자이크 제작 시 방사학적인 차이를 고려하였다. 또한 하나의 스트립임에도 불구하고 방사학적인 차이가 큰 필름이 존재하였는데, 이는 USGS에서 원본 필름을 복사하여 일반인에게 제공하는 과정에서 방사학적인 왜곡이 발생한 것으로 사료된다.

방사학적 차이를 보정하기 위하여 히스토그램 매칭을 사용하는 것이 일반적인 방법이나, 본 연구에서 사용된 영상의 경우 스트립 간 중복되는 면적이 적고, 영상의 기하학적인 오차가 크기 때문에 중복지역의 히스토그램 매칭은 정확도가 떨어지며 일부영상이 너무 어두워지는 현상이 발생하였다. 따라서 스트립간의 방사보정을 하기 위해 히스토그램을 직접 조절하였다.



그림 4. 방사보정 전 한반도 모자이크 영상



그림 5. 방사보정 후 한반도 모자이크 영상

#### 4. KH-9 영상

KH-9 영상은 매핑 system으로 프레임 카메라로 촬영되었다 (그림 6과 7). 1973년부터 1980년에 걸쳐 약 29,000개의 영상을 취득하였으며, 지상 해상도는 처음에는 약 30ft정도였으나 나중 mission에서 20ft 정도로 개선되었다. 본 연구에서 사용한 영상은 1974년 서울 지역의 2장의 입체영상으로 직접선형변환 (DLT : Direct Linear Transformation)을 사용하여 항공삼각측량의 정확도를 검증해 본 결과는 표 4와 같다.

표 7. DLT 수행 결과 (단위 :m)

	RMSE (X)	RMSE (Y)	RMSE (Z)
검사점	17.6	22.3	18.8



그림 6. KH-9 영상 1

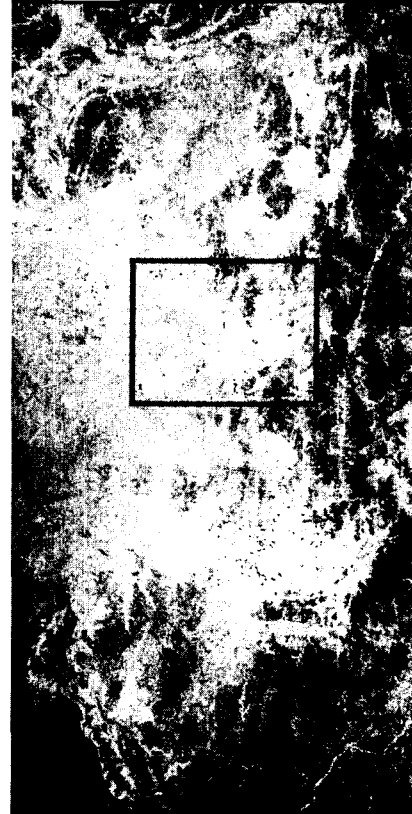


그림 7. KH-9 영상 2

## 5. 결론

CORONA영상의 기하보정을 위하여, 1, 2, 3차 다항식 및 엄밀식을 적용하여 그 정확도를 비교하였으며 기존의 기하보정된 영상의 2차원기준점 X, Y를 통해 기하보정을 수행할 경우 2차 다항식을 이용하는 것이 가장 효율적이었다. 방사보정의 경우 스트립 간 중복지역이 적고, 엄밀 기하보정 방법을 수행하지 않은 경우 기하학적인 불일치가 크기 때문에 히스토그램 매칭과 경계선 보정을 위한 기법의 적용이 어렵다. 따라서 경계선의 불일치는 해결이 불가능하였으며 방사학적인 차이는 히스토그램을 직접조절하여 보정할 수 있었다. 또한 DSI-2 영상인 KH-9영상에 대한 삼차원 위치결정의 정확도를 검증하여 과거 한반도 영상에 대한 활용가능성을 제시하였다.

## 참고문헌

- 유복모, Schenk T. (2001), "현대수치사진 측량학", Prentice Hall.
- 손홍규, 유복모, 김기홍, 최종현. (2002), CORONA KH-4영상을 이용한 3차원 지형정보 취득. 한국지형공간정보학회 학술발표회.
- Heo, J. and FitzHugh, T. W. (2000), A Standardized Radiometric Normalization Method for Change Detection Using Remotely Sensed Imagery, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, Vol. 66, No. 2, pp. 173-181.
- Zhou, G., Jezek, K., Rand, J., Wright, W., Rand, J. and Granger, J. (2002), Orthorectification of 1960s Satellite Photographs Covering Greenland, IEEE, Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 40, No. 6, pp. 1247-1259.