

CORONA KH-4B 영상의 기하보정

Orthoimage Generation Using CORONA KH-4B Imagery

손홍규* · 김기홍** · 유복모***

Sohn, Hong Gyoo · Kim, Gi Hong · Yeu, Bock Mo

1. 서론

1995년 미국이 과거 냉전시대 촬영한 CORONA 필름을 일반에게 저렴한 가격에 공개함에 따라 과거의 고해상도 영상자료를 이용할 수 있는 길이 열리게 되었다. CORONA는 1960년에서 1972년까지 냉전시대 관심지역에 대한 첩보영상을 취득하기 위하여 운영하였으며 KH-4B 사진기의 경우 입체영상 취득을 위해 2개의 파노라마 사진기를 탑재하고 150km 상공에서 지표면을 촬영하였다. 한반도의 경우 당시 초미의 관심지역이었기 때문에 많은 영상들을 취득하였으며 운용된 후반부에 발사된 위성의 경우 지상 해상도는 1.83m에 해당한다. 상업용 위성인 Landsat 1호가 1972년에 발사되었기 때문에 1972년 이전의 영상 자료를 고해상도로 제공할 수 있는 CORONA 영상은 하는 매우 유용한 자료이며 또한 가격이 저렴하기 때문에 변화탐지에 활용성이 크게 기대되고 있다.

CORONA 위성영상을 이용한 변화탐지의 예로 토지변화 상황 파악(Tappen, 2000), 빙하의 이동, 해안선변화, 도시화 분석(손홍규, 2002) 등의 논문이 발표되고 있다. CORONA 영상을 이용하여 변화탐지에 활용하기 위해서는 정확한 기하보정이 먼저 수행되어야 한다. 본 연구에서는 CORONA 영상의 왜곡을 보정하기 위한 기법을 적용하여 정사영상을 제작하기 위한 모델링 식을 제안하고 그 정확도를 검사점으로 검증하였다.

2. CORONA 영상

냉전시대 미국은 CORONA와 더불어 ARGON, LANYARD 등 세 가지 영상취득 시스템을 가동하였는데 이 중 CORONA가 국가 안보상 가장 중요한 시스템이었다. ARGON은 CORONA와 동시에 개발한 매핑 용도의 영상취득 시스템으로 1961년 2월 17일부터 1964년 8월 21일까지 12개의 임무를 수행하였다. ARGON은 초점거리가 76.2mm (3inch)이고 매핑을 위해 파노라마 방식이 아닌 프레임 방식으로 영상을 취득하였으며 지상해상도는 약 138m이다. LANYARD는 고해상도 영상판독을 위해 개발된 것으로 소련 레닌그라드 지역의 ABM(Anti-Ballistic Missile)시설을 감시하기 위하여 61cm (2ft)의 해상도를 계획하고 제작하였다. 그러나 실제로는 2m (6ft)의 해상도가 얻어졌기 때문에 단 한번의 임무만을 수행하고 종료하였다. CORONA 시스템은 CIA(Central Intelligence Agency)와 미공군이 공동으로 관리하였으며 1960년부터 1972년까지 적대국가를 감시하는데 사용하였다. 탑재된 사진기는 KH-1, KH-2, KH-3, KH-4가 탑재되었으며 지상해상도가 최고 1.83m에 이르는 고해상도 영상이다.

* 정회원 · 연세대학교 사회환경시스템 공학부 조교수

** 정회원 · 연세대학교 사회환경시스템 공학부 박사과정

*** 정회원 · (재)석곡관측과학연구원 소장

3. CORONA KH-4B 영상의 왜곡 보정

CORONA KH-4B 영상은 그림 1과 같이 파노라마 방식으로 취득되기 때문에 프레임 사진과는 다른 여러 가지 변위를 영상에 포함한다. 이러한 변위들로 인해 중심투영에 의한 기하가 사진에 잘 들어맞지 않으며 따라서 이러한 변위를 왜곡이라고 간주할 수 있다. 그리고 이러한 왜곡은 기존의 프레임 사진기를 이용한 사진 측량에서 고려하는 렌즈왜곡이나 대기굴절 등과는 다른 성질의 왜곡이다.

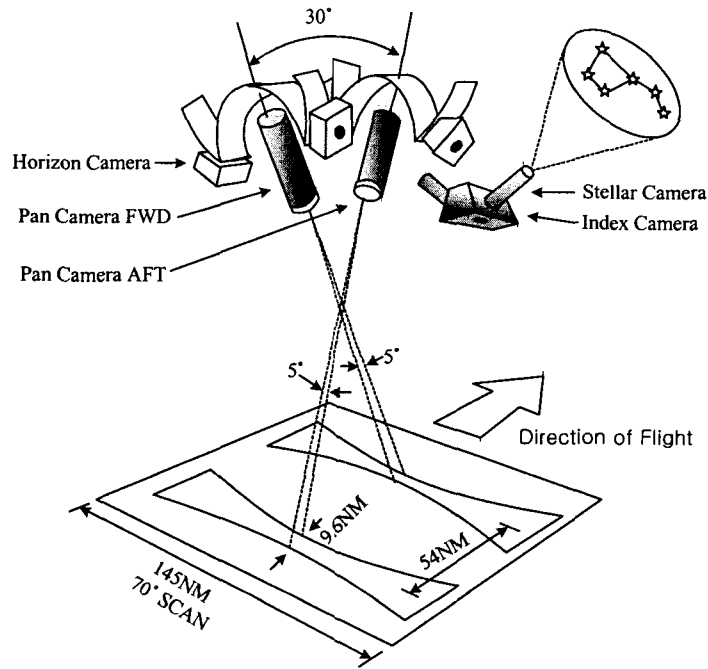


그림 2 CORONA KH-4B 영상취득 기하

파노라마 사진의 왜곡을 보정하기 위해서는 다음에 해당하는 변수들을 고려하여야 한다.

f : 초점거리

x, y : 임의의 대상물에 해당하는 파노라마 필름의 사진좌표, $+y$ 축이 비행방향

X, Y : 임의의 대상물의 지상좌표

α : 스캔 각

V : 위성의 이동속도

H : 지상에서 위성까지의 촬영거리

δ : 스캔암의 각속도

파노라마 사진은 렌즈가 오목한 원통형 모양의 필름을 스캐닝 방식으로 진행하면서 제작되기 때문에 프레임 사진에서 대상공간의 임의의 한 점이 중심투영에 의해 맺히는 점과 차이가 식 1과 같이 발생하게 된다.

$$\begin{aligned} x_p &= f\alpha \\ y_p &= \frac{f}{H} Y \cos \alpha \end{aligned} \quad (1)$$

렌즈가 지상을 스캐닝하는 동안 비행체가 이동하기 때문에 오목한 원통형의 필름 상에서 대상물의 임의의 점은 비행체가 이동한 만큼의 변위가 발생한다. 식 2와 같은 왜곡은 파노라마 왜곡과 중첩되어 영상에 나타나며 파노라마 왜곡과 따로 보정을 해주어야 한다. 또한 위성의 이동방향과 반대로 IMC가 동작하며 IMC에 의한 왜곡은 식 3과 같이 표현될 수 있다.

$$y_s = \frac{Vf\alpha \cos \alpha}{H\delta} \quad (2)$$

$$y_{IMC} = \frac{Vf}{H\delta} \sin \alpha \quad (3)$$

최종적으로 CORNA KH-4B 영상의 왜곡은 위의 세 가지 왜곡의 형태가 결합되어 나타나게 되며 이러한 왜곡을 보정하기 위해서는 사진기 고유의 특성값 들이 필요하다. 그러나 CORONA 영상의 경우 위성의 위치와 사진기 특성값에 대한 정보를 제공하지 않기 때문에 직접적으로 보정을 수행할 수는 없으며 지상기준점을 통한 모델링을 통하여 영상의 왜곡을 보정할 수 있다.

4. 실험대상 및 모델링 정확도 평가

연구에 사용된 영상은 1972년 3월 17에 촬영된 입체 영상으로 그림 2와 같으며 특성은 표 1과 같다. 필름 전체를 스캐닝할 수 없기 때문에 기준점 취득이 용이한 서울지역을 포함하도록 일부분을 스캐닝하였으며 연구대상지역의 크기는 서울지역을 모두 포함하는 크기이다. 필름 스캐닝은 Z/1의 PhotoScan을 사용하였다. 필름의 해상도가 160l/mm 이기 때문에 필름 상의 한 라인은 6.25 μ m이다. 그러나 스캐너의 해상력 한계로 인해 7 μ m로 스캐닝 하였다. 스캐닝된 대상영상의 대략적인 지상해상도는 2.0m이다. 지상 기준점은 1:1,000 수치지형도를 통해 취득하였으며 30년 동안 많은 변화가 발생하였기 때문에 일부 공공건물 만이 믿을 수 있는 기준점 정보를 제공하였다.



그림 2. 1972년 촬영된 CORONA KH-4B 필름

표 1. CORONA KH-4B 영상의 특성

Focal Length	609.602mm
Film Format	29.323 " × 2.147 "
Resolution of Film	160lp/mm
Period of Operation	1967-1972
Nominal Altitude	about 145.8km
Photo Scale on Film	1:247,500

필름 위 아래에 위치한 각종 마크들을 이용하여 스캐닝된 영상의 좌표계를 필름과 평행하도록 조정한 후 공선조건식과 영상의 왜곡요소들을 조합하여 모델링식을 구성한 후 지상기준점을 통하여 조정하였다. 정사영상을 제작하기 위한 영상의 모델링 정확도는 사용된 기준점 수에 따라 표 2와 같다.

표 2. 검사점의 영상상의 잔차(영상소단위)

Case	기준점 수	검사점 수	검사점의 RMSE (x방향)	검사점의 RMSE (y방향)
1	5	50	1.73	1.79
2	10	45	1.48	1.44
3	15	40	1.39	1.45
4	20	35	1.39	1.32
5	25	30	1.40	1.40
6	30	25	1.35	1.43

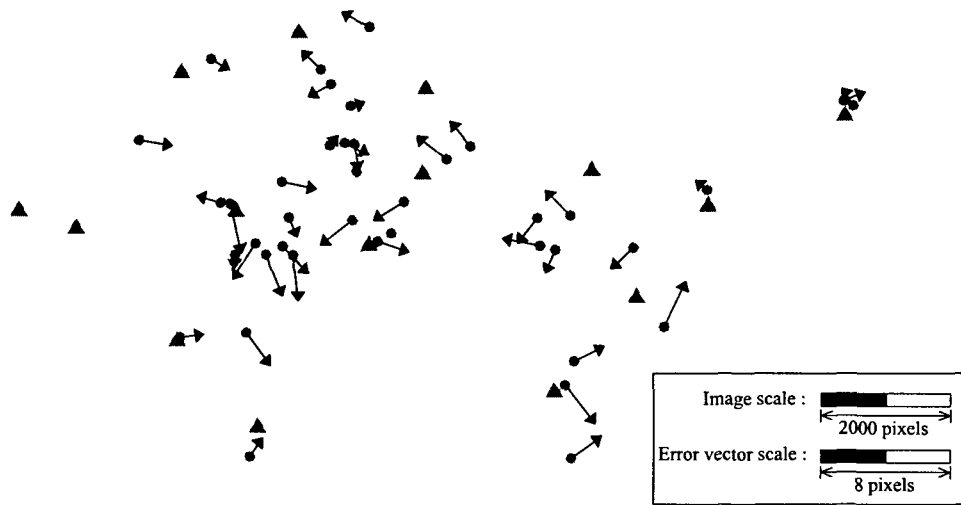


그림 3. 기준점 15점 사용시 검사점의 영상내 오차벡터

5. 결론

1:1000 수치지도의 기준점을 이용하여 CORONA KH-4B 영상의 기하보정을 수행한 결과 검사점에 대해 1.5 영상소 (지상거리 3.5m) 이하의 RMSE를 보여주었다. CORONA 영상은 최초의 상업용 위성영상인 Landsat 이전시기의 영상정보를 제공하며 2m 급의 고해상도이기 때문에 여러 분야에서 활용가치가 있다. 이를 위하여 CORONA 영상이 가지는 왜곡을 효과적으로 보정하여 정사영상을 제작함으로써 보다 정확한 변화탐지를 수행하는데 도움이 될 수 있다.

참고문헌

1. Tappan, G. G., H. Amadou, C. W. Eric, and W. L. Ronald, 2000, Use of Argon, Corona, and Landsat Imagery to Assess 30 Years of Land Resource Changes in West-Central Senegal, PR&RS, Vol. 66, pp. 727-735.
2. 손홍규, 김기홍, 김기태, 2002, 냉전시대 미 첩보위성영상을 이용한 서울시 변화 탐지, 토목학회지, 제22권 제4-D호, pp. 757-765.
3. McDonald, R.A., 1995, Corona: Success for Space Reconnaissance, a Look into the Cold War, and Revolution for Intelligence, PE&RS, Vol. 61, pp.689-720.