

# CORONA 위성영상을 이용한 동해안 해안선 변화탐지

## Coastline Change Detection Using CORONA Imagery

김기홍<sup>1)</sup> · 최승필<sup>2)</sup> · 육운수<sup>3)</sup> · 송영선<sup>4)</sup>

Kim, Gi Hong · Choi, Seung Pil · Yook, Woon Soo · Song, Yeong Sun

### Abstract

Recently the interest in coast area has been increased in the view of management and usage of national territory. Rapid coastal development has caused directly or indirectly coastline changes which may make environmental problems or threaten the nearby residents' livelihood. CORONA was one of the US satellite reconnaissance programs, and its imagery provides informations about past coastline with high resolution. In this study, we applied rigorous geo-referencing algorithm to CORONA imagery in order to generate the mosaic image of the East coast area of 1969 with 20m accuracy. This old era CORONA mosaic image was compared with SPOT image of 2005, and the coastline changes were analyzed. We were able to ascertain considerable erosion and accumulation in some parts of study area. erosion area which is calculated from imagery is 0.32 km<sup>2</sup> from Kosung to Kangnung. Results of coastline change detection can provide useful information for related studies.

Keywords : coastline, satellite Imagery, geo-referencing, CORONA

### 요 지

최근 국토의 이용 관리측면에서 해안에 대한 관심이 증대되고 있다. 그러나 급속히 추진되어 온 다양한 연안 개발은 직간접적으로 해안선의 변화를 발생시켜 환경 문제뿐만 아니라 해안을 생활권으로 하고 있는 주민들의 생존권을 위협하는 문제를 발생시키기도 한다. CORONA 영상은 1960년대 미국에서 운행한 첩보위성영상으로, 높은 해상도의 과거 해안선 정보를 제공한다. 본 논문에서는 파노라믹 방식으로 촬영된 CORONA 위성영상에 엄밀기하보정 알고리즘을 적용하여 20m의 정확도로 1969년 동해안지역의 모자이크 영상을 제작하였다. 이를 2005년 SPOT 위성영상과 비교하여 36년 동안 발생한 해안선의 변화를 추출하였다. 추출된 해안선을 분석한 결과 일부 지역에서 상당한 크기의 해안선 침식과 퇴적이 발생한 것을 확인할 수 있었으며 고성에서 강릉까지 0.32km<sup>2</sup>의 면적이 침식된 것으로 조사되었다. 조사결과는 향후 해안선 변화를 연구하는데 중요한 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.

핵심용어 : 해안선, 위성영상, 기하보정, 코로나

## 1. 서 론

최근 해안의 효율적 이용과 관리에 대한 관심이 증대되고 있으며, 특히 해안침식의 경우 생활에 직접적인 영향을 받는 주민들의 민원 제기 등으로 사회적 문제로 비화되고 있다. 해안은 국토 이용 및 해양자원 보호 측면에서

매우 중요한 부분이며 이러한 해안선 변화에 대한 자료를 수집하고 관리하는 것은 개발과 환경보존에 있어 중요한 과제이다. 해안 현상은 대단히 국지성이 강하므로 각각의 해안은 특유의 문제를 갖는 경우가 많다. 일반적으로 자연 해안의 경우 이러한 변화는 계절적인 영향을 받으며 수년간을 통해서 보면 평형상태에 있는 것이 많다. 그러

1) 정회원 · 강릉대학교 토목공학과 전임강사(E-mail:ghkim@kangnung.ac.kr)

2) 정회원 · 관동대학교 토목교통공학부 교수(E-mail:spchoi@kwandong.ac.kr)

3) 정회원 · 관동대학교 토목교통공학부 교수(E-mail:yook@kwandong.ac.kr)

4) 연결저자 · 정회원 · 연세대학교 사회환경시스템공학부 박사후과정(E-mail:point196@yonsei.ac.kr)

나 해안 지역에 방파제와 같은 인공 구조물이 축조되거나 해안의 중요한 토사 공급원인 하천에 변화가 발생하면 이 평형상태가 붕괴되어 주변 해안에 침식 혹은 퇴적 현상이 발생하여 해안선이 변화하게 된다. 이러한 문제들은 특별히 사회적인 문제를 발생시키지 않을 수도 있으나, 해수욕장의 사빈 유실, 항만의 매몰, 해안의 환경 보존에 영향을 미칠 수 있다(양인태 등, 1990).

해안지역에서는 파의 흐름에 따른 작용으로 해저의 토사가 항상 이동하며 해안의 지형은 파랑의 변화로 변동성이 크다. 기존의 해안선 추출에 대한 국내에서의 연구는 항공사진을 이용하여 해안선의 변화를 추출한 연구(정승진 등, 2000; 조주환 등, 2001; 박경원 등, 2001)가 있었으며 가장 최근의 연구로는 2003년 정승진 등이 항공사진의 정사영상 생성과 Affine 변환 두 가지 방법에 따른 신뢰성에 대한 논문을 발표하였다. 2003년 장호식 등은 GPS/GLONASS RTK를 이용하여 광안리 해수욕장에 대한 사빈의 침식 및 퇴적을 정량적으로 분석한 연구를 발표하였다.

위성영상의 경우 광범위한 지역에 대해 경제적으로 정보를 취득할 수 있는 장점으로 인해 해안선 추출과 변화 탐지에 활용될 수 있으며 실제로 적용한 연구 사례들(안충현 등, 1989; 류주형 등, 2000)이 발표되었다. 2004년 김기태 등은 1960년대 미국의 지상해상도 140m인 첩보 위성영상 ARGON을 이용하여 과거 남극의 해안선을 추출하는 연구를 수행하였다. 본 논문에서는 ARGON과 비슷한 시기에 미국에서 운영하였던 지상 해상도 2m 급의 CORONA 위성영상을 이용하여 동해안 모자이크 정사영상을 제작하고 이를 최근의 SPOT 위성영상에서 추출한 해안선과 비교하여 해안선의 변화를 분석하고자 하였다.

## 2. CORONA 위성영상의 처리

CORONA 영상(1960년-1972년)은 1995년 미국이 필름을 일반에게 공개한 DSI(Declassified Satellite Imagery) 중의 하나이다. DSI 영상은 크게 DSI-1과 DSI-2로 구분할 수 있으며 DSI-1은 CORONA 이 외에도 ARGON, LANYARD 위성으로 구성되고 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. CORONA는 매핑용이 아닌 관측

용으로 주로 이용되었으며 탑재된 사진기는 KH-1, KH-2, KH-3, KH-4로, 후반기에 사용된 KH-4B 사진기의 경우 150km 상공에서 지표면을 촬영하였으며 피복 범위는 217km×16km, 필름 상의 해상도는 지상 2m에 해당한다. 한반도는 과거 미국의 주요 관심지역 중에 하나였기 때문에 대략 7000매 정도의 영상을 촬영하였다.

CORONA 영상은 탑재된 사진기의 형식에 따라 영상을 얻는 방법이 조금씩 다른데 그림 1처럼 파노라마 방식으로 영상을 얻는 특성은 공통적이다. KH-4는 2개의 KH-3 사진기를 하나의 틀에 장착하였으며 각각 수직방향을 기준으로 15°전방과 15°후방을 70° 스캔 방식으로 촬영하도록 되어 있다. CORONA 영상은 위성체가 빠르게 이동하는 동시에 렌즈가 스캔하면서 곡면의 필름에 치상면이 투영된다. 따라서 일반적인 프레임 사진기의 영상과는 기하모형이 다르다(Slama, 1980). 이러한 차이는 왜곡으로 정의될 수 있으며 왜곡의 형태는 그림 2와 같다.

필름상의 한라인은 동일한 촬영시간에 중심투영을 만족하게 된다. 따라서 스캔 라인 하나마다 서로 다른 외부표정요소를 가지게 되며 이러한 외부표정요소들은 시간의 함수로 표현할 수 있다. 저궤도이며 매우 빠르게 이동하고 또한 0.5초의 짧은 시간에 촬영하기 때문에 외부표정요소를 시간에 대한 선형식으로 표현하여 공선조건식에 적용할 수 있다. CORONA 영상을 기하보정하기 위하여 변형된 공선조건식은 다음 식과 같다. 식 (1)에서  $s$ 는 축척계수,  $f$ 는 초점거리,  $y_p$ 는 영상의 행좌표이고,  $M_\alpha$ 는

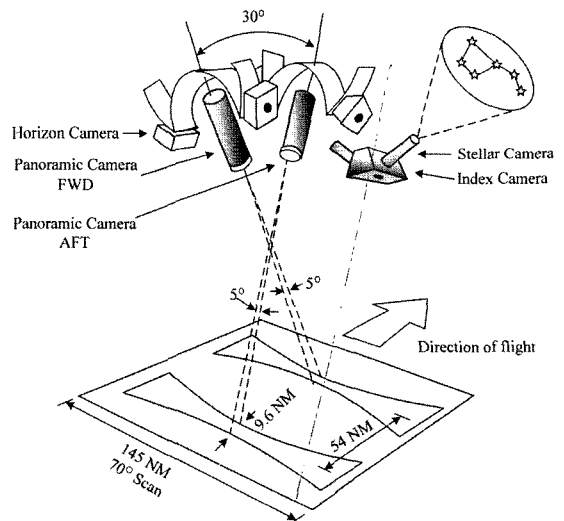


그림 1. CORONA KH-4 영상의 영상취득 기하

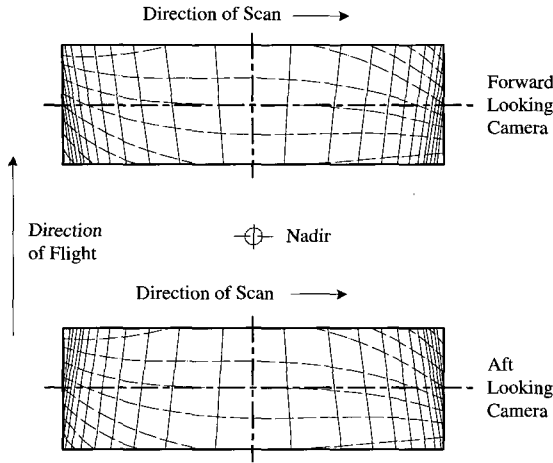


그림 2. CORONA KH-4 영상의 왜곡

시간  $t$ 에서의 스캔각에 의한 회전행렬,  $M$ 은 사진기의 회전행렬,  $IMC_t$ 는 IMC에 의한 영상왜곡 보정을 위한 항이다. 식 (1)에서  $M_o$ 를 좌측의 항으로 넘겨 식 (2)로 표현할 수 있으며 좌측의 항을 정리하면 식 (3)으로 표현할 수 있다. 초점거리는 본 연구에서 사용한 KH-4B의 경우 609.602mm이다. 외부표정요소들과  $IMC_t$ 는 시간의 관한 변수이기 때문에 식 (4)와 같이 시간에 관한 선형식으로 표현되며,  $\alpha$ 는 시간에 따른 스캔각이다. 식 (4)에서  $\omega, \phi, \kappa$ 는 시간  $t$ 에서의 회전행렬의 요소이며  $X_c, Y_c, Z_c$ 는 시간  $t$ 에서의 투영중심의 위치이다.  $V$ 는 위성의 이동 속도이며,  $H$ 는 촬영고도,  $\delta$ 는 사진기 스캔축의 각속도이다. 시간에 의해 변동하는 외부표정요소를 적용하면, 임의의 시간에서 필름면에 투영된 스캔라인 상의 지상점은 동일한 영상점과 공선조건식을 만족하게 된다. 이때 시간  $t$ 는 영상의 열좌표( $x$ )와 비례하기 때문에 편의상 열좌표로 대체할 수 있다.

$$\begin{bmatrix} 0 \\ y_p + IMC_t \\ -f \end{bmatrix} = {}_sM_\alpha M \begin{bmatrix} X - X_c \\ Y - Y_c \\ Z - Z_c \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$M_\alpha^t \begin{bmatrix} 0 \\ y_p + IMC_t \\ -f \end{bmatrix} = {}_sM \begin{bmatrix} X - X_c \\ Y - Y_c \\ Z - Z_c \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$\begin{bmatrix} \sin\alpha \cdot f \\ y_p + IMC_t \\ -\cos\alpha \cdot f \end{bmatrix} = {}_sM \begin{bmatrix} X - X_c \\ Y - Y_c \\ Z - Z_c \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$X_c = X_0 + X_1 t$$

$$Y_c = Y_0 + Y_1 t$$

$$Z_c = Z_0 + Z_1 t$$

$$\omega = \omega_0 + \omega_1 t$$

$$\phi = \phi_0 + \phi_1 t$$

$$\kappa = \kappa_0 + \kappa_1 t$$

(4)

$$IMC_t = -\frac{fV}{H\delta} \sin\alpha$$

본 연구에서는 파노라마 사진기 형태인 CORONA 영상을 이용한 동해안 모자이크 영상 제작을 위해, 공선조건식을 이용한 엄밀 기하보정과 다항식을 이용한 방법을 적용하였다. 먼저 CORONA 영상의 기하보정 정확도를 평가하기 위해 동해안 지역 보다는 수치지도 상에서 기준점 정보 취득이 비교적 용이하고 1:1000 수치지도를 광범위한 지역에서 구할 수 있는 서울지역을 대상지역으로 선정하여 엄밀 기하 보정기법을 적용하였다. 1:1000 수치지도를 이용하여 현재까지도 존재하는 오래된 공공건물들을 주로 관측하여 기준점을 취득하였고 기하보정 정확도분석을 수행하였다.

본 연구에서 사용된 CORONA 영상(그림 3)은 1972년 4월 20일 촬영된 영상으로 Z/I Photoscan 장비를 활용하여 스캐닝하였다. CORONA KH-4B 영상의 필름의 해상도는 160 line/mm로 해상도는 6.25 $\mu$ m이다. 그러나 필름 스캐너의 한계가 7 $\mu$ m이므로 7 $\mu$ m로 스캐닝하였으며 대상지역의 경우 2.7m의 지상해상도로 스캐닝되었으며 면적은 30km $\times$ 15km이다.

1:1000 수치지도로부터 총 55점의 기준점들을 취득하였으며 엄밀 기하보정을 위한 모델링을 수행하였다. 30년 이상의 시간차이에 의해 기준점 취득은 매우 어려운 작업이며 따라서 55점의 기준점들을 일부는 모델링을 위한 기준점으로 일부는 검사점으로 활용하여 기준점 수에 따



그림 3. CORONA KH-4B 필름

른 정확도를 평가하였다. 모델링 수행 후 검사점의 RMSE는 표 1과 같이 기준점의 수가 증가할수록 검사점의 정확도는 미세하게 증가하였다. 그림 4는 15점의 기준점을 사용했을 때, 각 검사점에 대한 오차벡터이다. 그림 4는 검사점 오차의 크기와 방향에 대해 축척을 크게 하여 도시한 것으로, 삼각형은 기준점이고 원형의 점은 검사점의 위치이다.

시간에 따라 변하는 외부표정요소를 적용한 공선조건식을 이용하여 엄밀 기하보정을 수행하는 경우 기하보정 영상생성을 위하여 Newton-Raphson법에 의한 간접법을 이용하였다(Chen and Lee, 1993). 지상의 일정 격자 DEM에 해당하는 영상에서의 위치를 찾은 후 그 위치에 해당하는 영상소의 밝기값을 보간하여 지상격자에 심는 방법이다. 식 (3)의 행렬 1행을 3행으로 나누면 식 (5)로 표현할 수 있으며 여기서 시간  $t$ 를 구하여야 한다. 스캔 각을 비롯하여 회전행렬의 요소 및 투영중심의 위치가 시간의 함수되어 있기 때문에 복잡한 비선형식이며 따라서 식 (6)과 (7)을 이용한 Newton-Raphson법을 적용하여 시간을 계산한 후 영상좌표를 계산한다. 식 (6)에서 초기값을 대입한 후 새롭게 계산된 시간  $t_{n+1}$ 이 식 (7)의 허용한계보다 작을 경우까지 반복 계산을 수행하여 DEM 상의 격자점에 해당하는 영상에서의 시간을 구한다. 그 후 계산된 시간을 이용하여 영상의 열좌표(x)를 구할 수 있으

며 식 (4)로부터 외부표정요소들을 결정할 수 있다. 식 (3)을 통해 영상점의 행좌표(y)를 결정할 수 있고 이렇게 계산된 영상좌표를 이용하여 최근린 보간법이나, 공일차 보간법을 이용한 영상재배열과정을 수행하면 기하보정 영상을 생성할 수 있다.

$$f(t_n) = 0 = \tan \alpha + \frac{m_{11}(X - X_c) + m_{12}(Y - Y_c) + m_{13}(Z - Z_c)}{m_{31}(X - X_c) + m_{32}(Y - Y_c) + m_{33}(Z - Z_c)} \quad (5)$$

$$t_{n+1} = t_n - \frac{f(t_n)}{f'(t_n)} = t_n - \frac{f(t_n)}{|f(t_n) - f(t_{n-1})| / |t_n - t_{n-1}|} \quad (6)$$

$$|t_{n+1} - t_n| < 10^{-6} \quad (7)$$

### 3. 동해안 모자이크 영상 생성

과거의 동해안 모자이크 영상을 제작하기 위하여 사용한 CORONA 영상은 1108-2 미션으로 1969년 12월 18일에 취득한 KH-4B 카메라 11장의 영상(그림 5)이며 30  $\mu$ m로 스캐닝된 자료이다. 각 영상은 기준점 취득을 통해 2 영상소 이내의 정확도로 기하보정을 수행하였다. 제작된 모자이크 영상의 지상해상도는 10m에 해당하며 그림 6과 같다.

최근의 위성영상은 2005년 4월 8일 촬영된 SPOT 영상으로 ERDAS IMAGINE 소프트웨어를 이용하

표 1. 검사점의 RMSE (단위 : 영상소)

기준점 수	검사점 수	RMSE x	RMSE y
10	45	1.48	1.44
15	40	1.39	1.45
20	35	1.30	1.35
25	30	1.20	1.27
30	25	1.19	1.23

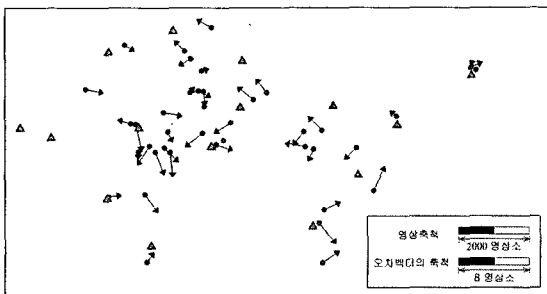


그림 4. 검사점의 오차

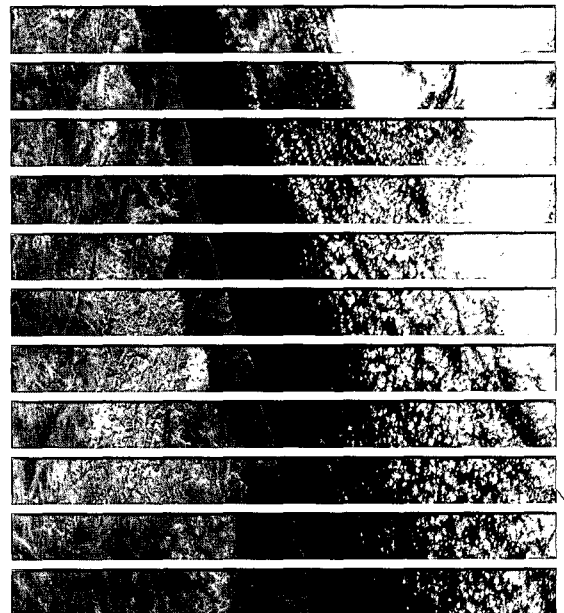


그림 5. 동해안 CORONA 영상



그림 6. 동해안 CORONA 모자이크 영상

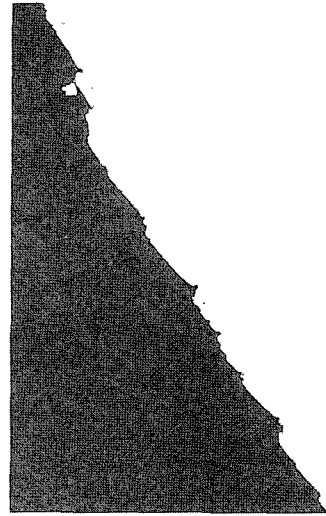


그림 8. 추출된 해안선(1969년 CORONA)

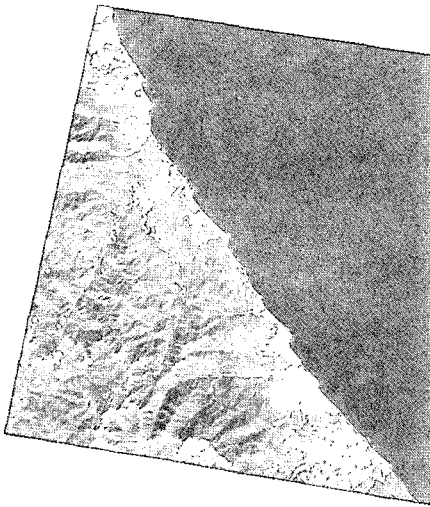


그림 7. 동해안 SPOT 기하보정 영상

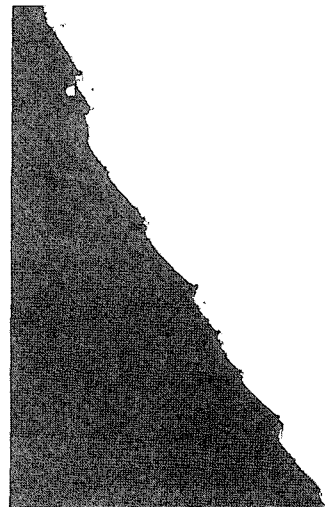


그림 9. 추출된 해안선(2005년 SPOT)

여 기하보정을 수행하였으며 정확도는 1.5 영상소였다. 기하보정된 영상은 그림 7과 같으며 지상해상도는 10m이다.

#### 4. 강원도 동해안 해안선 추출

해안선측량은 해안선의 형상과 그 종별을 확인하여 도면화 하는 과정으로 해안선 부근의 육상지형, 소도, 이암, 간출암, 저조선 등도 함께 관측하는것이 바람직하고, 해안선 및 부근 지형은 일반적으로 사진측량으로 하는 것으

로 되어 있으나, 사진측량을 할 수 없을 경우 실측을 한다(유복모, 1995). 위성영상을 이용하여 해안선을 추출하는 것은 영상 상에서 밝게 보이는 육지 부분과 균질한 질감을 가지며 어둡게 보이는 해양 부분을 구분하는 경계선을 추출하는 과정이다. 해안선의 정의는 해면이 약최고조면에 달하였을 때의 육지와 해면의 경계이다. 그러나 위성영상으로부터 추출된 경계선은 실제로는 해수면의 조석현상에 영향을 받음으로 인해 실제 해안선과는 차이가 난다. 해안선의 경사가 작을수록 조석에 따른 영향은 적어지게 된다.

본 연구에서 사용한 SPOT 영상의 경우 촬영시간을 알 수 있었으나 CORONA 영상의 경우 촬영날짜만 알 수 있을 뿐 촬영시간을 알 수 없기 때문에 조석에 따른 영향을 보정할 수는 없었다. 우리나라 서해안 인천의 경우 조석 간만의 차가 8.3m로 매우 크나, 연구 대상지역인 강원도 동해안지역은 조석 간만의 차가 0.3m 이내로 매우 작고, 해빈의 경사가 1/20-1/60 정도로 크기 때문에 지상해상도 10m인 영상에서 기하보정의 오차까지 감안한다면 조석에 의한 영향을 고려하는 것과 비교하여 차이는 그렇게 크지 않다고 사료된다.

그림 8과 그림 9는 각각 CORONA 모자이크 영상과 SPOT 기하보정 영상이 중첩된 지역에 대해 추출된 육지와 해면의 경계이다. 육지와 해면의 경계는 해양 쪽에서 출발하여 영상의 밝기값이 부드럽게 변하는 지역까지 경계를 추출하는 Region growing 기법을 이용하여 추출하였다. 임계값은 국지적으로 육지와 해면의 경계를 확인하면서 조정하였다.

최근 신문에 해안선 침식 문제가 발표된 강원도 고성군 토성면의 경우 그림 10과 같이 윗부분은 침식, 아랫부분

은 퇴적된 것을 확인 할 수 있었다. 그림에서 옅은 회색은 육지, 진한 회색은 해양이며, 검은색은 퇴적되어 육지가 해양 쪽으로 이동한 지역이고, 하얀색은 육지가 침식된 지역이다. 그림 11은 속초시 청초호 주변으로 영상에서 윗부분에 보이는 것은 영랑호며 바다와 직접 연결되지 않았기 때문에 육지로 간주하여 해안선 추출에서 제외하였다. 청초호의 경우 개발과 퇴적에 의해 많은 변화가 발생하였다.

그림 12에서 해양쪽으로 돌출한 부분이 하조대이며 하조대로부터 북쪽으로는 1979년부터 도립공원으로 지정되어 관광휴양시설지구가 들어서 있다. 따라서 최근 각종 편의시설이 다수 들어서고 있으며, 1969년에 비해 해안선이 많이 단조로워진 것을 알 수 있다. 한편 하조대 남쪽에 생긴 방파제 안쪽으로는 퇴적이 일어난 것을 확인할 수 있다. 그림 13은 강릉시 주문진 항으로 방파제가 길게 만들어진 것을 확인할 수 있으며 해안도로 건설의 영향으로 침식 보다는 퇴적이 비교적 많이 진행된 것을 알 수 있다.

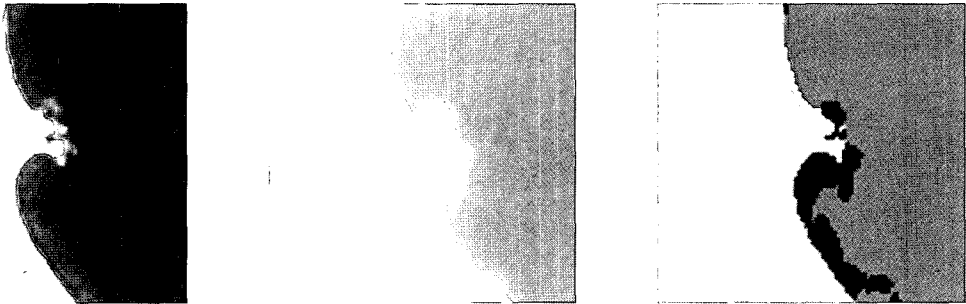


그림 10. 강원도 고성군 토성면

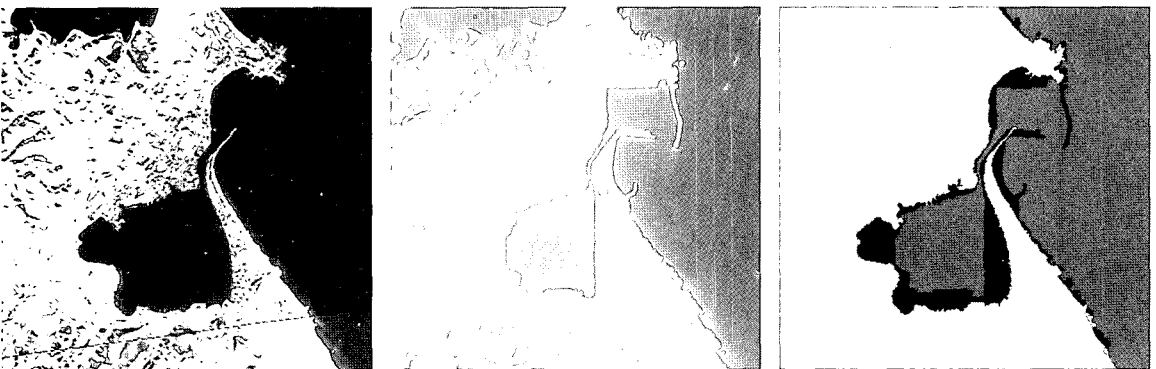


그림 11. 강원도 속초시 청초호

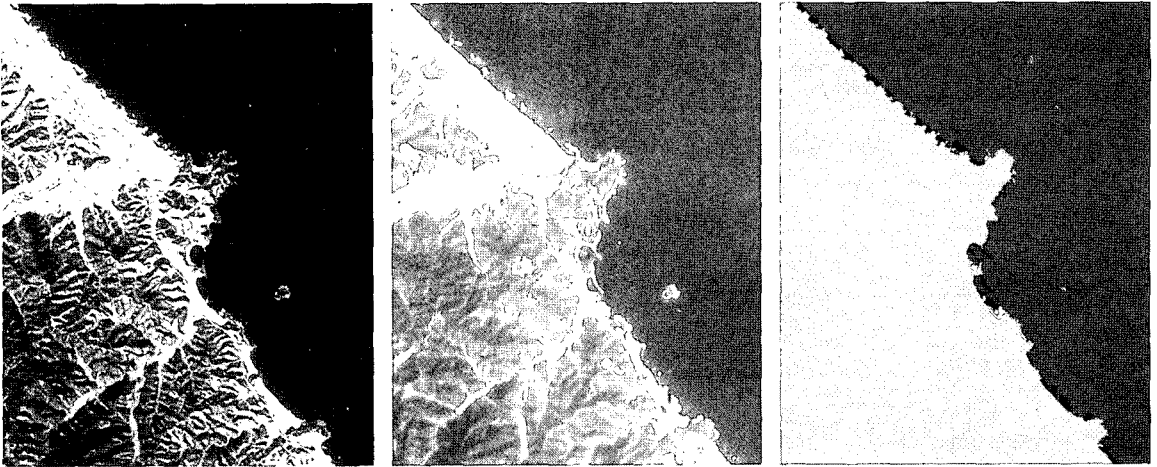


그림 12. 강원도 양양군 현복면

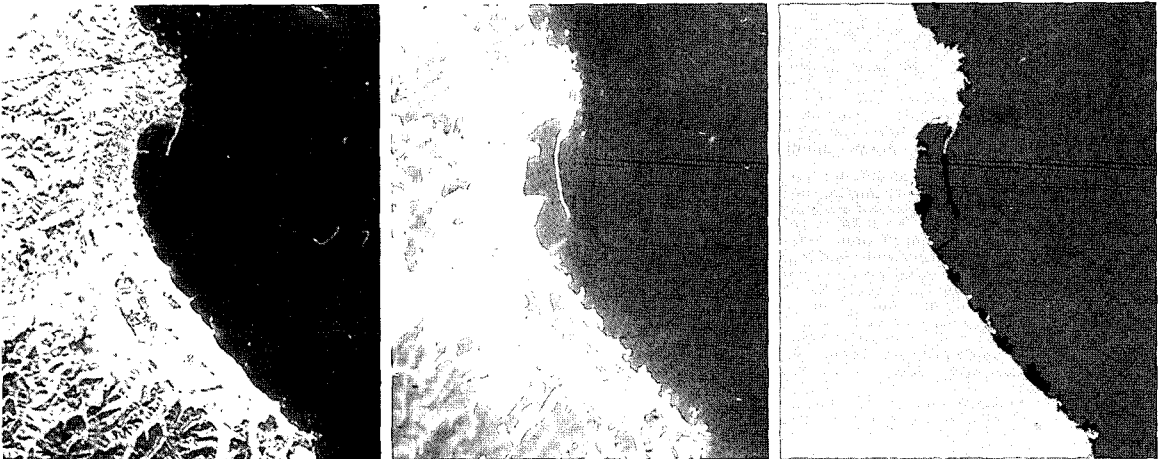


그림 13. 강원도 강릉시 주문진항

## 5. 결 론

본 논문에서는 광범위한 지역에 대해 1970년 이전의 지형정보를 취득할 수 있는 유일한 영상자료인 CORONA 위성영상을 이용한 과거 1969년의 해안선 추출을 시도하였으며, 기하보정 모델링을 위해 각각의 스캔 라인별로 외부표정요소들을 시간의 함수로 표현하는 공선조건식을 적용하였다. 먼저 정확도 평가를 위하여 정확한 기준점 취득이 용이한 서울지역 영상에 적용한 결과 1.5 영상소 이내의 기하보정 정확도를 얻을 수 있었다. 10m로 제작된 동해안 모자이크 영상에서 해안선을 추출하는 것은 항공사진이나 GPS를 이용한 실측에 비해 정확성이 떨어지

나 적은 비용으로 광범위한 지역에 대해 자료를 취득할 수 있다는 점에서 장점이 있으며, CORONA 영상의 경우 1970년 이전의 동해안에 대한 정보를 취득할 수 있는 거의 유일한 자료로 그 의미가 있다고 사료된다.

해안선 변화의 원인은 주로 해안토사의 불균형으로 인해 발생한다. 해안선 쪽으로 밀려오는 파도에 의해 표사(파도를 따라 이동하는 흩)를 이동시키면서 자연스럽게 표사의 균형을 이루어야 하지만 해안도로의 옹벽이나 방파제 같은 인공구조물에 부딪히면서 표사의 침식과 퇴적이 기형을 이루게 된다. 해안선의 변화는 짧게는 수년에서 길게는 몇십년을 주기로 변화한다. 1979년 CORONA 위성영상과 2005년 SPOT 위성영상으로부터 추출된 해

안선을 통해 일부 침식된 지역들이 사이 사이에 존재하고 있으며 전체적으로 퇴적이 주로 발생한 것으로 분석되었다. 사용된 영상의 기하보정 정확도는 CORONA 영상의 경우 2 영상소 SPOT의 경우 1.5 영상소이기 때문에 이에 따라 추출된 해안선은 20m의 오차가 발생할 수 있다. 영상 분석을 통해 강원도 고성, 속초, 양양, 강릉에 이르는 연구대상지역에 있어서 36년 동안 3.19km<sup>2</sup>의 면적이 해안지역 개발과 퇴적으로 육지에서 해양 쪽으로 이동하였으며, 0.32km<sup>2</sup>의 면적이 침식된 것으로 조사되었다.

### 감사의 글

본 연구는 산업자원부 지정 관동대학교 첨단해양공간 개발연구센터의 지원에 의한 것입니다.

### 참고문헌

김기태, 최윤수, 김가홍 (2004), 적응적 베이즈 영상분할을 이용한 경계추출, 한국측량학회지, 제 22권, 제 3호, pp. 303-309.  
 류주형, 조원진, 원중선, 이인태, 진승수, 서애숙, 김금란 (2000), 원격탐사 자료로부터 해안선 추출에 의한 조건대 DEM 생성,

대한원격탐사학회논문집, 제 16권, 제 3호, pp. 221-233.  
 박경원, 김영섭, 최철웅, 서영상 (2001), 항공사진을 이용한 광안리 해수욕장의 해안선 변화에 관한 연구, 대한원격탐사학회 춘계학술발표회논문집, pp. 122-127.  
 안충현, 이용국, 유홍룡, 오재경 (1989), 위성자료의 한국 금강 하부부근 조건대 지형 연구에 대한 응용, 대한원격탐사학회지, 제 5권, 제 1호, pp.1-14.  
 양인태, 최한규, 김옥남, 조기성 (1990), 동해안의 측지학적 특성에 의한 해안선 변화와 그의 예측을 위한 수치모델에 관한 연구, 한국측량학회지, 제 8권, 제 2호, pp. 9-16.  
 장호식, 서동주, 이종출 (2003), RTK GPS/GLONASS 조합기법에 의한 해안선 결정, 대한토목학회논문집, 제 23권, 제 3D호, pp. 385-391.  
 정승진, 김규한, 편종근 (2003), 항공사진을 이용한 해안선변화 해석결과와 신뢰성검토, 대한토목학회논문집, 제 23권, 제 3B호, pp. 209-214.  
 정승진, 김덕중, 김규한, 편종근 (2000), 항공사진을 이용한 해안선 변형 해석, 대한토목학회 학술발표회 논문집(III), pp. 764-766.  
 조주환, 임동일, 김백은 (2001), 항공사진을 이용한 서남해 함평만의 해안선 변화 관측, 한국지구과학지, 22권, 4호, pp. 317-326.  
 Chen, L. C. and Lee, L. H. (1993), Rigorous generation of digital orthophotos from SPOT images, PE&RS, Vol. 59, No. 5, pp. 655-661.  
 Slama, C. C. (Ed.) (1980), Panoramic cameras, In Manual of Photogrammetry (fourth edition). American Society of Photogrammetry, Falls Church, Virginia, Section 4.2.2, pp. 196-207.

(접수일 2005. 12. 8, 심사일 2005. 12. 17, 심사완료일 2005. 12. 23)