

# 수치지도 갱신을 위한 SPOT5 영상의 활용에 관한 연구

## A Study on Application of SPOT5 Image for Renewal of Digital Map

강준목<sup>1)</sup> · 윤희천<sup>2)</sup> · 박준규<sup>3)</sup> · 엄대용<sup>4)</sup>

Kang, Joon Mook · Yun, Hee Cheon · Park, Joon Kyu · Um, Dae Yong

### Abstract

With acquisition of satellite image being facilitated due to recent advancement in Electro optical and astronautic technologies, focus on establishment of Geoinformation and analysis using satellite images have increased. This research have conducted digital plotting and digitizing operation, utilizing stereo images and grey level images provided by SPOT5 satellite and evaluated the accuracy through comparison and analysis with digital map results. Digital plotting results acquired using stereo images have been compared and analyzed on the basis of scale 1:25,000 digital map results published by National Geographic Information Institute. Accuracy of 20 check points have showed RMSE results 5.369 m in X (Easting) and 4.718 m, digitizing using grey level images showed RMSE results 7.616 m in X (Easting) and Y (Northing) 6.532 m. This is within the allowance of accuracy standards for scale 1:25,000 maps, and although digitizing operation was confirmed to have lower accuracy than that of digital plotting, using the former is considered to be more effective in terms of economical efficiency.

Keywords : Digital plotting, Digitizing, Digital map, Renewal

### 요 지

최근 전자광학 및 항공우주 기술의 발달로 인해 위성영상의 획득이 용이해 지면서 위성영상 자료를 이용한 지형정보 구축과 분석에 많은 관심이 증대되고 있다. 본 연구에서는 SPOT5 위성영상의 입체영상 및 단영상을 이용하여 수치지도화 및 디지털라이징 작업을 수행하고 기존 수치지도 성과와의 비교·분석을 통해 정확도를 평가 하였다. 입체영상을 이용하여 획득한 수치지도화 성과는 국토지리정보원에서 발행한 축척 1:25,000 수치지도 성과를 기준으로 비교·분석을 수행하였으며 입체영상 20개의 검사점에 대한 정확도 변화를 분석한 결과, RMSE 성과의 경우 X(Easting)에서 5.369m, Y(Northing)에서 4.718m로 산출되었으며, 단영상을 이용한 디지털라이징 성과의 RMSE는 X에서 7.616m, Y에서 6.532m로 산출되었다. 이는 공공측량의 작업규정 세부기준(건설교통부 고시 제 2003-326호)의 평면위치 허용정확도인 17.5m를 최대편차 및 RMSE 성과 모두가 만족하는 결과이며, 디지털라이징 작업이 수치지도화에 비해 정확도가 낮은 것을 확인하였으나 경제성을 고려한 갱신 작업에서는 디지털라이징을 활용 하는 것이 효율적이라고 사료된다.

핵심용어 : 수치지도화, 디지털라이징, 수치지도, 갱신

## 1. 서 론

위성영상은 항공사진과 달리 우주에서 지구를 촬영하므로 공간해상도가 항공사진 보다 낮아 정확도가 좋지

않다는 단점을 지니고 있다. 하지만, 위성영상은 수치지도화된 영상을 제공하므로 컴퓨터를 이용한 빠르고 손쉬운 작업을 가능하게 하며, 매우 빠른 주기의 영상 취득이 가능하므로 최신의 지형정보를 획득함에 있어 큰 장점을

- 
- 1) 정희원 · 충남대학교 토목공학과 교수(E-mail:jmkang@cnu.ac.kr)
  - 2) 정희원 · 충남대학교 토목공학과 조교수(E-mail:hcyoon@cnu.ac.kr)
  - 3) 연결저자 · 정희원 · 충남대학교 토목공학과 박사과정(E-mail:surveyep@empal.com)
  - 4) 정희원 · 충주대학교 토목공학과 전임강사(E-mail:dyum@chungju.ac.kr)

가지고 있다.

1986년에 발사된 프랑스의 SPOT 위성이 공간해상도 10m의 입체영상을 제공함으로써 위성영상을 이용한 지도제작 분야에 획기적인 계기가 되었다. 하지만 입체영상을 얻을 수 있는 위성영상의 등장에도 불구하고 지도제작 분야에서의 활용성이 적었던 것은 항공사진에 비해 공간해상도가 낮아 중축척 또는 대축척 지도 제작에 항공사진 대신 위성영상을 적용하기 어려운 실정이었기 때문이다. 그러나 1999년 9월에 발사된 미국의 IKONOS 위성은 1m 해상도의 전정색 영상을 제공하므로 축척 1:10,000 이상의 대축척 지도 제작을 가능하게 하였으며, 또한 위성영상을 이용한 수치지도 제작 및 지형정보 갱신 분야에 많은 영향을 주었다(강준묵 등, 2003; 윤희천 등, 2004).

SPOT 위성영상은 같은 지역에 대해 각도가 다른 방향에서 관측하여 입체시 할 수 있는 영상을 얻을 수 있는 특성 때문에 사진측량의 입체시 원리를 적용할 수 있어 광속조정법에 의한 해석적 위치결정에 관한 연구가 지속적으로 진행되고 있다.

국내에서는 1980년대 이후 위성영상해석에 대한 연구가 본격적으로 이루어지기 시작하여 박병욱(1991)은 SPOT 위성자료를 이용한 수치고도모형 생성에 관한 연구를 수행하였고, 조봉환(1991)은 연속스트립 위성영상에 대해 3차원 복원을 수학적으로 증명하였으며, 유복모 등(1991), Daren 등(1988)은 SPOT 위성영상용 번들조정에서 지상기준점 획득 방법에 따른 정확도 분석에 관한 연구를 하였다. 유복모 등은 위성영상 모형을 위한 지상기준점을 기존의 삼각측량점의 좌표와 해석도화기를 이용하여 제작하였으며, 이와 같은 방법으로 제작한 지상 기준점의 위치정확도를 현지측량을 하지 않고도 평가 할 수 있는 방법을 제안하였다. 이용용 등(1999), 이용용(2000)은 3~7개의 SPOT 단위 영상의 연속된 중첩합 모형의 모형화와 그에 요구되는 지상기준점 수량의 관계에 대한 연구를 통하여 모형화 정확도를 유지하기 위한 기준점의 수를 제안하였다. 최선용(2003)은 SPOT 위성영상의 중형첩합 블록 모형을 구성하여 프로그램으로 구현하고, 실험지역을 대상으로 DEM을 제작하여 기존의 단위모형으로 제작한 DEM의 결과와 비교 분석하였다.

본 연구에서는 2002년 5월에 발사되어 공간해상도 2.5m를 가지는 SPOT5 위성영상의 입체영상 및 단영상을 이용하여 수치도화 및 디지털이징 작업을 수행하고 기존의 수

치지도 성과와의 비교·분석을 통해 정확도를 평가하였으며, 이러한 분석 과정을 통해 수치지도 갱신을 위한 SPOT5 위성영상의 활용 가능성을 제시 하고자 한다.

## 2. 연구대상지 선정

위성영상을 이용하여 신기술을 적용하고 응용분야를 발전시키는데 있어서의 적합성과 신뢰성 및 경제성을 평가하기 위해서는 연구 목적에 적합한 지형적 특성이 충분히 파악될 수 있고 관련된 자료의 수집이 확실한 대상지 선정이 선행되어야 한다.

본 연구의 실험을 위한 대상지는 우리나라 중심부에 위치해 있고 적정 규모의 도시, 농지 및 임야가 발달되어 있으며 기존의 지형조사가 비교적 잘되어 있다고 판단되는 대전근교를 적지로 선정하였다(그림 1).

고해상도 위성영상 자료는 기존의 항공사진을 이용한 정보추출보다 시간과 비용을 절감 할 수 있을 뿐만 아니라, 비접근 지역의 지형정보 취득을 가능하게 한다. 실제로, 최근에는 항공사진보다 위성영상을 이용하여 지형정보를 추출하고 지도제작에 활용하는 경우들이 증가하고 있다.

본 연구에서는 SPOT5 위성영상을 이용하여 수치지도 지형정보의 갱신에 대한 연구를 수행하고자 국토지리정보원에서 발행한 축척 1:25,000 수치지도를 사용하였다(그림 2).

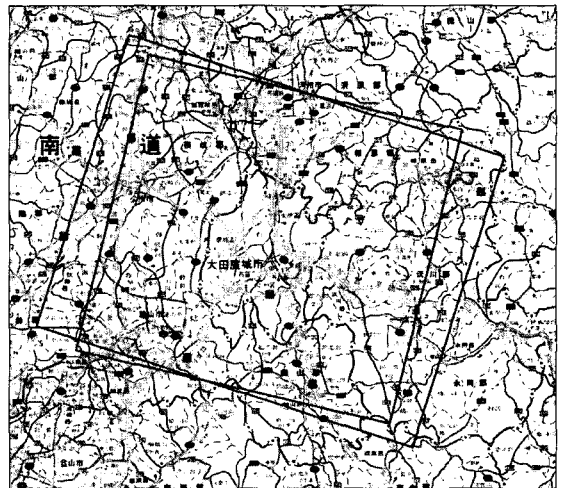


그림 1. 대상지 선정

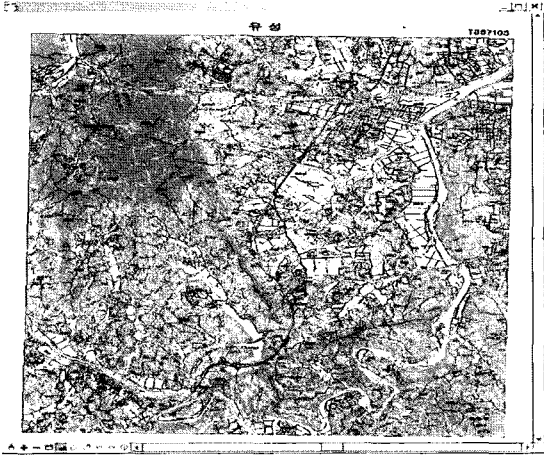


그림 2. 대상지 수치지도(1:25,000)

### 3. 영상 자료 구축

본 연구에서는 그림 3과 같이 대상지에 대하여 서로 다른 각도에서 촬영한 2개의 SPOT5 위성영상을 사용하였으며 영상의 처리 수준은 Level 1A의 전정색 수치영상이다. 2개의 위성영상은 90% 이상씩 중복되어 있기 때문에 단영상 및 입체영상의 획득을 가능하게 한다.

본 연구에 사용된 SPOT5 위성영상은 공간해상도가 2.5m이며 대상 SPOT GRS(Grid Reference System)는 K305J277이다. SPOT GRS는 SPOT 영상의 지리적 위치를 표시하기 위한 것으로 일종의 구역을 나타내며 K는 경도방향을 J는 위도방향을 나타낸다. K는 위성궤도의 지상 트랙과 평행하게 배열되어지고, J는 위도선과 평행하게 배

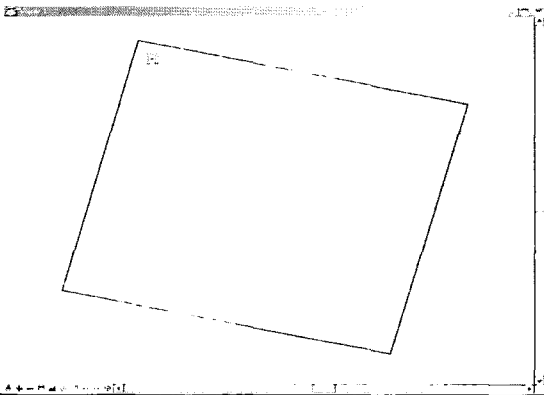


그림 3. 대상지의 피복 형태

열린다. K는 지구를 경도 방향에 대해 서쪽에서 동쪽으로 일련번호를 부여한 것으로 SPOT 위성의 궤도에 따라 동경 330.24°를 K=1로 정하여 369개로 나누어지며, J는 북극에서 J=100으로 남극에서 J=600으로 설정되어 균등한 간격으로 나누어져 있다. 표 1은 본 연구에 사용한 SPOT5 위성영상의 기본 특성을 나타내고 있다.

본 연구에서 사용한 SPOT5 위성영상은 동일 년도의 약 1개월 주기를 두고 촬영된 것으로 거의 동일한 기하 특성을 지니고 있으며 촬영 경사각이 다르기 때문에 입체영상의 구성이 가능하다. 이에, SPOT5 위성영상을 이용하여 1개의 입체영상 및 1개의 단영상을 구성하였으며, 표 2에 실험 대상에 대한 구분을 제시하였다.

이와 같이, 본 연구는 대전지역에 대해 제작된 60km×60km SPOT5 위성영상을 이용하여 수행하였으며 실험을 위해 사용된 영상 및 제원은 다음과 같다(그림 4, 그림 5, 표 3).

표 1. SPOT5 위성영상의 특성

구 분		GRS K305J277
전처리수준	좌측영상	Level 1A
	우측영상	Level 1A
촬영일자	좌측영상	2003. 4. 14.
	우측영상	2003. 3. 10.
촬영경사각	좌측영상	L29.71
	우측영상	R14.12

표 2. 실험 대상 구분

구 분	구 성		표 시	비 고
CASE 1	2003. 4. 14.	2003. 3. 10.	414310	입체영상
CASE 2	2003. 3. 10.		310	단영상

표 3. SPOT5 위성의 제원

위 성 명		SPOT 5	
센서	공간해상도 (m)	흑백	2.5
		칼라	10
	분광해상도(bit)		8 bit
	분광해상도		Red, Green, Near-IR, SWIR
촬영 폭		60km×60km	
위성 발사일		2002. 5. 4.	
정사투영지도 제작		DEM을 이용한 정사보정	
재촬영 기간		16일	
위치 정확도		50m(no GCPs)	



그림 4. 대상지의 SPOT5 영상(우영상)



그림 5. 대상지의 SPOT5 영상(좌영상)

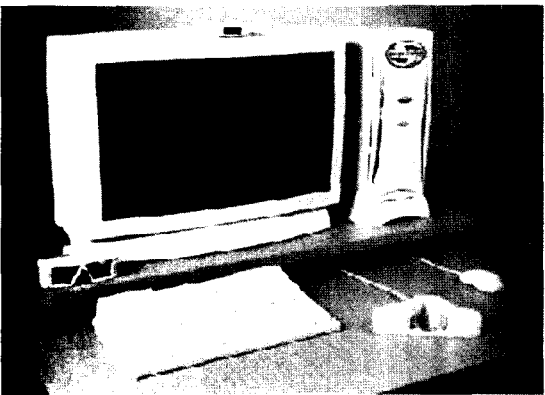


그림 6. ImageStation Z

표 4. 시스템 구성

시스템	구 성
ImageStation Z (Intergraph)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● CPU : Dual Intel Xeon 2.66 GHz, 1MB L2Cache</li> <li>● RAM : 2GB SDRAM</li> <li>● HDD : 200 GB (IDE)</li> <li>● G/B : WildCAT 5110 (128MB)</li> <li>● OS : Windows 2000 Service Pack 4</li> <li>● Display : 29" Monitor</li> <li>● Input Device : 10 Button Hand Held Cursor</li> </ul>

표 5. 연구수행 관련 소프트웨어

항 목	프로그램	기능 설명
프로젝트 및 모델의 구성	ISAT	작업에 관련된 데이터 구성
표정작업		표정작업 수행
Triangulation		자동 Triangulation
입체모델의 Display 및 도화	ISSD ISFC	생성된 입체모델의 Display 벡터요소들의 편집 및 생성
수치표고모형추출	MTA	수치표고모형 생성
자료처리	IA	영상자료 처리 및 분석
정사사진제작	ISBR	정사영상 생성

본 연구에서는 SPOT5 위성영상처리를 위해 미국 Intergraph사의 하드웨어인 ImageStation Z와 소프트웨어 ISAT, ISSD, ISFC, MTA, ISBR, IA 등을 사용하였고, 표 4는 본 연구를 위해 활용된 시스템의 구성을 나타낸 것이다.

또한, 그림 6은 수치영상처리가 가능한 하드웨어인 ImageStation Z를 보여주고 있으며, 표 5는 본 연구를 수행하는데 사용한 소프트웨어들에 대한 기능 설명을 간단히 제시하고 있다.

#### 4. 입체영상 및 단영상의 정확도 분석

본 연구에서는 축척 1:25,000 수치지도 중 대전광역시 유성 도면에 해당하는 범위의 SPOT5 위성영상의 입체영상 및 단영상을 이용하여 각각에 대한 수치도화 및 디지털 이징 작업을 수행하였다. 이를 통해 입체영상을 이용한 수치도화 및 단영상을 이용한 디지털이징 성과를 기존의 수치지도 성과와 비교·분석하여 정확도를 평가하였다.

이를 토대로, SPOT5 위성영상의 입체영상을 이용한 수치도화 성과는 물론 단영상을 이용한 디지털이징 작업에 대한 성과 역시, 기존 축척 1:25,000 수치지도의 수정 및

표 6. 지도의 정확도

항 목		축척		비 고
		1/500 이상	1/1,000 이하	
표준 편차	평면위치	0.5mm 이내	0.7mm 이내	도상거리
	표고	$\Delta h/4$ 이내	$\Delta h/3$ 이내	$\Delta h$ 는 주곡선 간격
	등고선	$\Delta h / 2$ 이내		

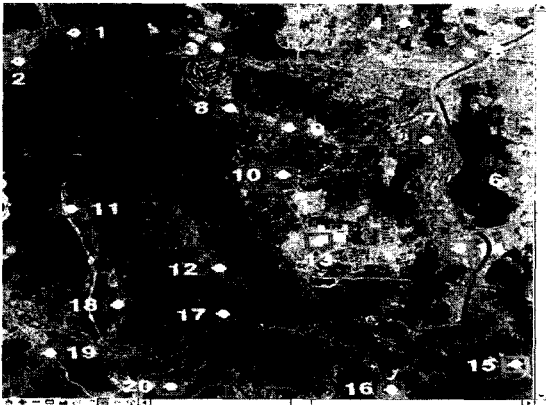


그림 7. 검사점 배치도

갱신에 활용할 만한 요구 정확도를 확보할 수 있었다.

연구 성과에 대한 정확도 평가를 위하여 사용한 수치지도는 건설교통부 산하 국토지리정보원에서 제작한 축척 1:25,000의 지도이다. 그리고 지도의 정확도에 대한 기준 성과로서는 2004년 1월 2일 고시된 공공측량의 작업규정 세부기준(건설교통부 고시 제2003-326호)의 제47조 지도의 정확도를 사용하였으며 표 6에 제시하였다.

본 연구에서는 수치도화 성과 및 디지털이징 성과의 분석을 위해 연구대상지를 피복하는 SPOT5 위성영상으로부터 식별이 명확하고 용이한 총 20개의 검사점을 선정하였으며, 선정된 검사점들의 배치도를 나타내고 있다(그림 7).

#### 4.1 입체영상 분석

본 연구는 SPOT5 위성영상의 입체영상을 이용하여 수치도화를 수행하였으며 이를 통해 기존 수치지도의 수정 및 갱신에 있어서 SPOT5 위성영상의 활용을 제안하고 그 효율성을 제고시키고자 하였다.

입체영상을 이용한 수치도화 성과의 정확도 분석을 위해서 우선, 연구대상지에 해당하는 성과 중 검사점으로 선정된 20점에 대한 기준점 성과를 수치지도로부터 획득하였으며(그림 8의 좌측), 이를 기준으로 검사점의 수치도화

성과(그림 8의 우측)를 비교하는 방법으로 전체적인 정확도 평가를 수행하였다. 그림 8은 검사점에 대한 기준점 및 수치도화 결과의 일부 성과를 보여주고 있다.

입체영상을 이용하여 획득한 수치도화 성과는 국토지리정보원에서 발행한 축척 1:25,000 수치지도 성과를 기준으로 비교·분석을 수행하였으며 검사점 20점에 대한 분석 결과는 표 7에 제시하였다.

이와 같이 총 20개의 검사점에 대한 정확도 변화를 분석한 결과, 최대편차는 X(Easting)에서 9.207m, Y(Northing)에서 8.650m로 나타났고 RMSE 성과의 경우에도 X(Easting)에서 5.369m, Y(Northing)에서 4.718m로 산출되었으며, 이는 공공측량의 작업규정 세부기준(건설교통부 고시 제 2003-326호)의 평면위치 허용정확도인 17.5m를 최대편차 및 RMSE 성과 모두가 만족하는 결과이다.

이로부터, SPOT5 위성영상의 입체영상을 이용한 수치도화는 평면위치 요구정확도를 충분히 만족시키며 기존 수치지도의 수정 및 갱신 작업에 효과적으로 활용될 수 있

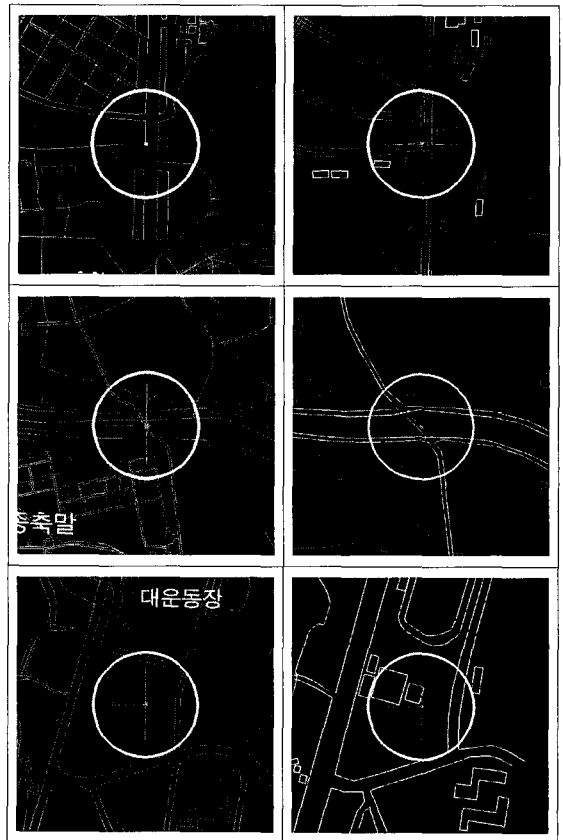


그림 8. 기준점 및 수치도화 결과

표 7. 수치도화 정확도 분석

측점	수치지도(m)		수치도화(m)		편차(m)	
	X	Y	X	Y	X	Y
1	344419.715	4026161.810	344421.550	4026165.595	-1.835	-3.785
2	343221.960	4025157.760	343216.620	4025161.030	5.340	-3.270
3	347398.030	4025579.920	347390.170	4025578.400	7.860	1.520
4	351278.470	4026402.210	351275.067	4026406.842	3.403	4.632
5	352650.190	4025365.250	352649.120	4025372.350	1.070	-7.100
6	353723.990	4020961.230	353716.940	4020952.970	7.050	8.260
7	351704.280	4022357.190	351705.600	4022361.170	-1.320	-3.980
8	347617.873	4023514.452	347611.255	4023520.000	6.618	-5.548
9	348852.090	4022785.920	348843.050	4022788.320	9.040	-2.400
10	348690.730	4021176.460	348688.858	4021183.769	1.872	7.309
11	344264.140	4020046.710	344261.270	4020049.780	2.870	-3.070
12	347325.940	4017956.130	347325.776	4017952.581	0.164	3.549
13	349402.180	4018859.040	349404.356	4018855.332	-2.176	3.708
14	352321.250	4018557.160	352322.740	4018558.160	-1.490	-1.000
15	353459.700	4014519.260	353465.590	4014523.810	-5.890	-4.550
16	350843.260	4013684.075	350839.660	4013681.735	3.600	2.340
17	347363.635	4016352.954	347355.127	4016349.757	8.508	3.197
18	345166.560	4016707.060	345164.970	4016698.410	1.590	8.650
19	343739.471	4015024.261	343748.678	4015020.296	-9.207	3.965
20	346228.920	4013829.830	346220.720	4013832.730	8.200	-2.900

다는 사실을 확인하였다.

그러나, 세부적인 수치도화를 수행 할 경우에 있어서 도화사의 도화 능력이 무엇보다도 중요시되기 때문에 성과품의 질적인 향상 및 명확한 정확도를 산출해 내기 위해서는 도화 능력에 대한 숙련의 시간을 고려하여 정확도 평가가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

#### 4.2 단영상 분석

본 연구는 SPOT5 위성의 단영상을 이용하여 디지털이징을 수행하였으며 이를 통해 기존 수치지도의 수정 및 갱신에 있어서 경제성 및 작업의 효율성을 제고시키고자 하였다.

단영상을 이용한 디지털이징 성과의 정확도 분석을 위해서 우선, 연구대상지에 해당하는 성과 중 선점된 20점에 대한 전체적인 정확도 평가를 수행하였으며, 그림 9는 검사점 디지털이징 결과의 일부를 나타내고 있다.

단영상을 이용하여 획득한 디지털이징 성과(그림 9의 우측)는 국토지리정보원에서 발행한 축척 1:25,000 수치지도 성과(그림 9의 좌측)를 기준으로 비교·분석을 수행하였으며 검사점 20점에 대한 분석 결과는 표 8에 제시하였다.

여기서, 총 20개의 검사점에 대한 디지털이징 정확도를 파악한 결과, 최대편차는 X(Easting)에서 13.591m, Y

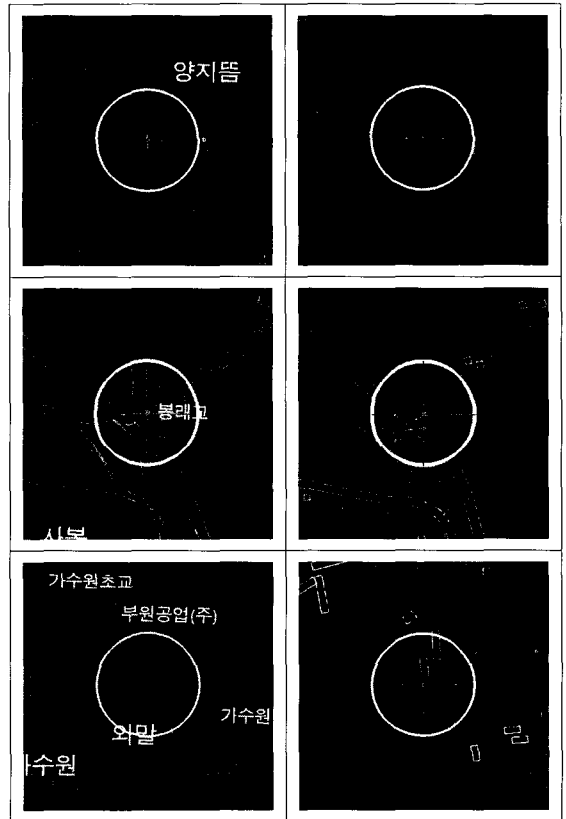


그림 9. 기준점 및 디지털이징 결과

표 8. 디지털이징 정확도 분석

측점	수치지도(m)		디지털이징(m)		편차(m)	
	X	Y	X	Y	X	Y
1	344419.715	4026161.810	344414.972	4026159.023	4.743	2.787
2	343221.960	4025157.760	343224.760	4025154.070	-2.800	3.690
3	347398.030	4025579.920	347410.707	4025585.990	12.677	6.070
4	351278.470	4026402.210	351276.242	4026409.583	2.228	7.373
5	352650.190	4025365.250	352642.750	4025357.400	7.440	7.850
6	353723.990	4020961.230	353715.520	4020948.520	8.470	12.710
7	351704.280	4022357.190	351703.970	4022354.510	0.310	2.680
8	347617.873	4023514.452	347605.961	4023516.677	11.912	-2.225
9	348852.090	4022785.920	348840.440	4022782.870	11.650	3.050
10	348690.730	4021176.460	348681.257	4021178.504	9.473	2.044
11	344264.140	4020046.710	344262.740	4020046.390	1.400	0.320
12	347325.940	4017956.130	347324.280	4017949.450	1.660	6.680
13	349391.840	4018840.110	349395.480	4018845.510	-3.640	-5.400
14	352321.250	4018557.160	352317.010	4018550.160	4.240	7.000
15	353459.700	4014519.260	353459.430	4014515.700	0.270	3.560
16	350843.260	4013684.075	350837.260	4013673.240	6.000	10.835
17	347363.635	4016352.954	347350.044	4016349.758	13.591	3.196
18	345166.560	4016707.060	345164.580	4016695.770	1.980	11.290
19	343739.471	4015024.261	343750.517	4015015.411	-11.046	8.850
20	346228.920	4013829.830	346219.590	4013825.030	9.330	4.800

(Northing)에서 12.710m로 나타났고 RMSE 성과의 경우에도 X(Easting)에서 7.616m, Y(Northing)에서 6.532m로 산출되었으며, 이는 공공측량의 작업규정 세부기준(건설교통부 고시 제2003-326호)의 평면위치 허용정확도를 모두 만족하는 결과이다.

이러한 결과로부터, SPOT5 위성의 단영상을 이용한 디지털이징은 평면위치 요구정확도를 충분히 만족하며 기존 수치지도의 수정 및 갱신 작업에 있어서 경제성 및 효율성을 향상시킬 것으로 판단된다.

이로부터, SPOT5 위성영상을 이용한 수치지도의 수정 및 갱신에 있어서 디지털이징이 수치도화 보다 정확도가 떨어지는 것을 확인할 수 있었으며 정확도를 크게 요구하지 않는 작업에서는 경제적으로 우위에 있는 디지털이징을 활용하는 것이 효율적이라고 사료된다.

또한, 고해상도 위성영상을 이용한 신속하고 효율적인 갱신작업은 향후 기존 수치지도의 갱신에 그 활용성이 크게 기대된다.

## 5. 결 론

본 연구는 SPOT5 위성영상의 입체영상 및 단영상을 이용하여 수치도화 및 디지털이징 작업을 수행하고 기존 수치지도 성과와의 비교·분석을 통해 위치정확도를 평가하였으며 이를 통해 수치지도 갱신을 위한 SPOT5 위성영상의 활용 가능성을 제시하고자 한 것으로 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. SPOT5 위성의 입체영상을 이용한 수치도화 성과의 RMSE는 X(Easting)에서 5.369m, Y(Northing)에서 4.718m로 산출되었고 이는 공공측량의 작업규정 세부기준의 축척 1:25,000 지도상 허용정확도 이내의 결과이며, 이로부터 SPOT5 위성영상의 입체영상을 이용한 수치도화는 1:25,000 수치지도의 갱신 작업에 효과적으로 활용될 수 있다고 판단된다.

2. SPOT5 위성의 단영상을 이용한 디지털이징 성과의 RMSE는 X(Easting)에서 7.616m, Y(Northing)에서 6.532m로 산출되었고 이는 축척 1:25,000 지도에서의 허용정확도 이내의 결과이며, 수치도화에 비해 정확도가 낮은 것을 확

인하였으나 경제성을 고려한 갱신 작업에서는 디지털이징을 활용하는 것이 효율적이라고 사료된다.

3. SPOT5 단영상을 이용한 디지털이징 작업은 판독상의 부분적인 한계성을 드러내고 있으나, 이를 기타 고해상도 위성영상 및 수치자료를 통하여 보완한다면 수치지도 갱신에 보다 효과적으로 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

4. 고해상도 위성영상에 의한 수치지도의 수정 및 갱신 가능성이 널리 활용화되고 있으므로 이를 고려한 국가적 차원의 규정 확립이 마련되어야 할 것이다.

## 참고문헌

- 강준목, 이용욱, 박준규 (2003), RPC와 GCP를 이용한 IKONOS 위성영상의 기하보정, 한국측량학회지, 한국측량학회, 제21권, 제2호, pp. 165-168.
- 국토지리정보원 (2004), 공공측량의 작업규정 세부기준.
- 박병욱 (1991), SPOT 위성데이터를 이용한 수치 표고모델 생성에 관한 연구, 박사학위논문, 서울대학교.
- 유복모, 이현직, 박홍기 (1991), SPOT 위성영상용 번들조정에서 지상기준점 획득방법에 따른 정확도 분석, 대한토목학회논문집, 대한토목학회, 제 11권, 제 4호, pp. 153-160.
- 윤희천, 이성순 (2004), 변화탐지를 위한 인공위성 영상자료의 정밀보정에 관한 연구, 한국측량학회지, 한국측량학회, 제 22권, 제 1호, pp. 81-83.
- 이용웅, 신대식, 조봉환, 유복모 (1999), 스트립 위성영상 3차원 모형화와 지상기준점의 관계, 대한토목학회논문집, 대한토목학회, 제 19권, 제 3-3호, pp. 403-407.
- 이용웅 (2000), SPOT 정사영상의 반복정합을 이용한 수치고도모형의 보정, 박사학위논문, 연세대학교.
- 조봉환 (1991), The Three Dimensional Mapping of the Continuous Strip Satellite Imagery, 박사학위논문, 성균관대학교.
- 최선용 (2003), SPOT DEM 접합선 제거를 위한 Block Modeling 방법연구, 석사학위논문, 충남대학교.
- Daren, L. and C. Jiayu (1988), Bundle Adjustment of SPOT Imagery, *ISPRS*, Vol. 27, Commission III, pp. 449-455.

---

(접수일 2005. 3. 12, 심사일 2005. 3. 23, 심사완료일 2005. 3. 28)