

GPS를 이용한 SPOT 영상의 GCP 및 DEM 정확도 평가 A Study on the GCP and DEM Accuracy Evaluation of SPOT Image Using GPS

윤희천¹⁾ · 이용욱²⁾

Yun, Hee Cheon · Lee, Yong Wook

Abstract

The purpose of this study is the GCP/DEM estimations through satellite stereo image interpretation using GPS. We carried out GPS observation fixing first order control points and GPS permanent stations. Comparing static surveying and kinematic surveying, we analysed the surveying methods for GCP and DEM estimations. As the results, considering SPOT image spatial resolution, the DEM can be made through satellite stereo image interpretation.

Keywords : GPS, SPOT, GCP, DEM

요 지

본 연구는 GPS를 이용하여 위성 영상의 입체 해석으로 산출된 SPOT영상의 기준점 및 수치표고모델의 평가에 목적이 있다. 이를 위해 삼각점 및 상시관측소를 고정으로 한 GPS 해석을 수행하였으며 정지측량과 이동측량의 정확도를 비교함으로써 위성 영상의 기준점과 수치표고모델의 평가를 위한 측량 방법을 분석하였다. 연구 결과 SPOT영상의 해상력을 고려할 때, SPOT 위성 영상의 입체 해석을 통하여 수치표고모델 제작이 가능한 것을 알 수 있었다.

핵심용어 : GPS, SPOT, 지상기준점, 수치표고모델

1. 서 론

위성 영상을 이용한 지상 위치 결정은 위성 영상에 나타난 기지점들과 이에 대응하는 영상 좌표와의 수학적 관계로부터 도출한다. 이때, 사용된 기지점들이 얼마만큼 정확하고 기하학적으로 고르게 분포되었느냐에 따라 산출되는 지상 위치의 정확도가 좌우된다(김갑래 등, 2003). 그리고 수치표고모델(DEM; digital elevation model)의 정확한 추출을 목적으로 위성 영상 접합 알고리즘에 대한 연구들이 수행되었으며(김태정 등, 1997), 입체 영상으로부터 생성된 DEM 평가에 대한 연구들이 수행되었다(김태정 등, 2002). 또한, 비선형 최소제곱법에 의한 정합방법에 대한 연구(Day 등, 1989)도 수행되었으며, 합성개구레이더(SAR;

synthetic aperture radar)를 이용한 DEM 산출에 관한 연구들도 수행되어왔다(Zebker 등, 1986, Zebker 등, 1994).

따라서 위성 영상으로부터 신속하고 정확한 지상 위치를 끌어내기 위해서는 정확한 기지점들을 충분히 보유하고 관리해야 한다. 지상 기준점은 지속적인 사용에 그 목적이 있으므로 시간의 변화에도 변형되거나 움직이지 않아야 하고 영상에서도 위치 식별이 용이해야 한다. 그러므로 대부분의 지상기준점은 도로의 교차점, 산이나 섬의 정상, 댐이나 활주로의 특징 점들을 선정하게 된다(임영빈 등, 2002).

지상 기준점들의 3차원좌표를 획득하기 위한 방법으로는 현지 측량 방법과 위성 영상의 입체 해석에 의한 방법 등이 있다. 현지 측량 방법은 정확하고 신뢰성 있는 측량

1) 연결저자 · 정희원 · 안산공과대학 토목과 조교수(E-mail:yoohc60@ansantc.ac.kr)

2) 정희원 · 세종대학교 지구정보연구소 박사 후 연구원(E-mail:leeyoungwook@empal.com)

성과를 얻을 수 있으나, 접근 불가능 지역의 경우 현지 측량을 수행할 수 없다는 단점이 있다. 반면, 위성 영상의 입체 해석에 의한 지상 기준점을 산출할 경우에는 현지측량 성과 없이도 다량의 지상 기준점들을 신속히 획득할 수 있으나, 이에 대한 정확도 검증이 선행되어야 할 것이다(강준목 등, 2000; Kang 등 2001).

이에 본 연구에서는 최근 많은 분야에서 활용이 되고 있는 GPS를 이용하여 SPOT 영상의 입체 해석으로 산출된 지상기준점(GCP; ground control point) 및 수치표고모델(DEM) 성과에 대한 정확도 평가를 수행하고자 하였다.

2. 연구 방법

GPS(global positioning system)를 이용하여 SPOT 영상의 입체 해석으로 산출된 지상기준점 및 수치표고모델 성과에 대한 정확도 평가를 수행하기 위하여 본 연구에서는 우선, 정밀 1차 기준점들과 국토지리정보원 상시관측소 성과를 연계하여 동경원점(Tokyo datum) 성과를 산출할 수 있는 방법을 모색하였다.

이를 위해 동해 일원과 충청 지역에 분포되어 있는 정밀 1차 기준점들을 선정하여 GPS 측량을 수행한 후 상시 관측소 성과를 고정으로 산출되어진 정밀 1차 기준점들의 벡셀(Bessel) 경위도 성과를 비교함으로써 상시관측소를 활용한 벡셀 경위도 성과 산출의 타당성을 검토하고자 하였다. 또한 정표고 성과를 산출하기 위하여 수준점과 상시 관측소에 대한 GPS 측량을 수행하여 정표고 산출시 상시 관측소 자료를 활용할 수 있는 방법을 검토하였다. 수준점 선정에 있어서는 충청 지역 일원의 수준점들을 대상으로 정지 측량 방법으로 관측을 수행하여 정표고 성과를 비교하고자 하였다. 지상기준점과 수치표고모델 측정점들은 위성 영상 상에 뚜렷하게 구별되는 점들로 선정되어야 하기 때문에 대부분 교차로나 교량 같은 지점들을 선정하게 된다. 이로 인해 이들 측정점에 대해서 장시간 정지측량을 수행하는 것은 어려운 실정이다.

따라서 정지측량 성과와 이동측량 성과의 정확도 비교를 통해서 이동측량 기법을 적용하여 지상기준점 및 수치표고모델 정확도 평가의 적용 가능성을 분석하였다. 관측점들은 기선거리 100km 미만의 측정점들을 임의로 선정하여 정지측량은 1시간 이상의 GPS 관측을 수행하고자 하였으며, 이동측량은 1초 간격으로 2~3분 정도의 GPS 관측을 수행하여 그 성과를 비교하고자 하였다.

이렇게 비교된 결과를 토대로 적용 실험으로는 대전 지

역에 대한 공간 해상도가 10m인 SPOT 위성 영상을 이용하여 입체 해석으로부터 산출된 지상 기준점 성과와 수치표고모델 성과를 GPS 이동측량 기법을 적용하여 각각의 성과에 대한 비교 검증을 수행하였다.

이를 토대로 대전 일원의 GCP/DEM 점들에 대한 GPS 현지 측량을 수행하고자 하였다. 아울러 기 제작한 지상기준점 및 수치표고모델의 정확도 시험 평가를 위해 표본 지역을 선정하고 SPOT 위성 영상을 이용하여 제작된 지상기준점과 이에 따른 수치표고모델 성과에 대한 정확도 평가를 수행하였다.

3. 연구결과

3.1 상시관측소를 연계한 삼각점 성과 비교

현재 국토지리정보원에서 구축한 GPS 상시관측시스템은 14개의 무인상시관측소와 국토지리정보원의 중앙국으로 구성되어 있으며, 2001년 6월 4일 14개 무인상시관측소에 대한 실용성과를 표 1, 2와 같이 고시하였다.

실용성과 중에 WGS84 좌표는 IERS(international earth rotation service)에서 제공하는 지심 좌표계간의 변환계수를 적용하여 산출하였고, 벡셀타원체의 경위도는 1·2등 삼각점과 연결 관측하여 산출한 값이며 표고는 1등 수준점으로부터 직접수준측량에 의해 산출한 값이다(국토지리정보원, URL).

이에 본 연구에서는 삼각점과 연계하여 고정점의 좌표를 산출하는 과거의 방법과는 달리 GPS 상시관측소와 연계하는 방법을 이용하기 위해서, GPS 상시관측소와 연계 활용 가능성에 대해서 검토를 해보았다. 방법으로는 삼각점, 미지점, 수준점 등에 대해 GPS 측량을 수행하여 각각의 고시 성과와 비교 분석하였다. GPS 상시관측소와 삼각점을 연결하여 도출한 삼각점 성과와 국토지리정보원의 삼각점 고시 성과를 비교하는 방법에 의해 수행되었으며, 정지측량 방법을 사용하였다. 삼각점은 강원지역 삼각점 5점(속초27, 오호21, 삼척21, 매원21, 강릉22)과 충청 남북 지역의 삼각점 4점(대전14, 청주11, 전의23, 미원21)을 이용하였다. 이들 성과를 비교한 결과는 표 1과 표 2와 같다.

경위도 성과의 경우 두 지역 모두 미소한 편차를 나타냈으나, 정표고 성과의 경우 강원지역은 최대 약 1.892m의 편차를 보였으며, 충청 남북 지역은 약 0.425m의 편차를 보였다. 두 지역 모두 경위도 성과에 비하여 정표고에서 많은 편차를 보였다. 이 것은 국토지리정보원에서 고시된 삼각점의 정표고가 간접수준측량 방법에 의하여 획득된

표 1. 삼각점의 성과 비교(강원 지역)

관측점 명칭	고시성과	관측성과	편차
속초 27	38-04-47.1749	38-04-47.1750	-0.0001"
	128-40-35.0545	128-40-35.0555	-0.0010"
	63.550 m	61.658 m	+1.892 m
오호 21	38-17-05.9742	38-17-05.9797	-0.0055"
	128-30-37.3566	128-30-37.3551	+0.0015"
	285.060 m	285.113 m	-0.053 m
삼척 21	37-26-41.8563	37-26-41.8609	-0.0046"
	129-11-04.3049	129-11-04.3094	-0.0045"
	138.920 m	139.400 m	-0.480 m
매원 21	37-21-54.6836	37-21-54.6891	-0.0055"
	129-15-02.3652	129-15-02.3557	+0.0095"
	155.360 m	155.145 m	+0.215 m
강릉 22	37-50-23.1935	37-50-23.1940	-0.0005"
	128-52-27.1239	128-52-27.1236	+0.0003"
	35.300 m	34.101 m	+1.199 m

표 2. 삼각점의 성과 비교(충청 지역)

관측점 명칭	고시성과	관측성과	편차
대전 14	36-19-00.5046	36-19-00.5066	-0.0020"
	127-21-37.1134	127-21-37.1108	+0.0026"
	207.270 m	207.370 m	-0.100 m
청주 11	36-34-47.3065	36-34-47.3053	+0.0012"
	127-25-17.1910	127-25-17.1894	+0.0016"
	291.910 m	292.059 m	-0.149 m
전의 23	36-43-40.3849	36-43-40.3831	+0.0018"
	127-09-38.0808	127-09-38.0779	+0.0029"
	100.260 m	100.685 m	-0.425 m
미원 21	36-44-40.5576	36-44-40.5617	-0.0041"
	127-34-53.5677	127-34-53.5608	+0.0069"
	238.970 m	238.980 m	-0.010 m

성과이기 때문에 직접 수준측량 방법에 의한 결과와는 다소 차이가 있을 수 있다고 볼 수 있다.

시성과를 비교하였으며, 비교한 결과는 표 3과 같으며 약 0.032m 이하의 편차를 나타내고 있다.

3.2 상시관측소를 활용한 정표고 성과 비교

정지측량 방법으로 GPS 상시관측소와 수준점을 관측하여 도출된 수준점의 성과와 국토지리정보원의 수준점 고

3.3 정지 GPS측량과 이동 GPS측량의 정확도 비교

표 4는 정지 GPS측량과 이동 GPS측량의 정확도 분석을 위하여 측점간의 거리 100km 미만 정도의 10개의 측점을 선정하여 정지 GPS측량과 이동 GPS측량을 실시하여, WGS 84 경위도 성과와 타원체고 성과를 비교하였다.

정지 GPS측량의 경우 1시간동안 관측을 수행하였으며, 이동 GPS측량의 경우 데이터 저장 간격을 1초로 하여 1분 정도의 관측을 수행하였다.

그림 1과 같이 정지 GPS측량과 이동 GPS측량 성과의 경위도 편차는 최대 약 0.064" 정도 발생하였다. 그림 2는

표 3. 수준점의 성과 비교

수준점 번호	고시성과(m)	관측성과(m)	편차(m)
1	8.0838	7.4776	+0.0322
2	21.4650	21.3550	-0.0195
3	16.2287	18.2765	-0.0178
4	11.7569	11.4840	-0.0161

표 4. 정지 GPS측량과 이동 GPS측량 성과 비교(WGS84)

측점	관측 성과		편차
	정지측량(도,분,초)	이동측량(도,분,초)	
1	36° 35' 13.4385" 127° 02' 48.6499" 195.008 m	36° 35' 13.4177" 127° 02' 48.7141" 195.078 m	+0.0208" -0.0642" -0.0699 m
2	36° 17' 09.1151" 127° 31' 26.9592" 136.294 m	36° 17' 09.1064" 127° 31' 27.0034" 136.335 m	+0.0086" -0.0441" -0.0414 m
3	36° 17' 36.3018" 127° 09' 19.2013" 45.694 m	36° 17' 36.3402" 127° 09' 19.2445" 45.595 m	-0.0384" -0.0432" +0.0988 m
4	36° 36' 33.9495" 127° 14' 54.5370" 86.784 m	36° 36' 33.9588" 127° 14' 54.5383" 86.683 m	-0.0093" -0.0013" +0.1008 m
5	36° 34' 32.0082" 127° 28' 42.7901" 98.049 m	36° 34' 32.0364" 127° 28' 42.7776" 98.057 m	-0.0282" +0.0125" -0.0074 m
6	36° 26' 0.4077" 127° 33' 1.3162" 119.954 m	36° 26' 0.4040" 127° 33' 1.3178" 119.872 m	+0.0037" -0.0016" +0.0819 m
7	36° 09' 23.4899" 127° 02' 02.4288" 29.394 m	36° 09' 23.4680" 127° 02' 02.4034" 29.140 m	+0.0220" +0.0254" +0.2548 m
8	36° 13' 09.0803" 127° 06' 53.1657" 33.591 m	36° 13' 09.0476" 127° 06' 53.2188" 33.366 m	+0.0327 " -0.0531 " +0.2254 m
9	36° 30' 36.5694" 127° 13' 05.8910" 64.206 m	36° 30' 36.5802" 127° 13' 05.9053" 64.166 m	--0.0108" -0.0143" +0.0400 m
10	36° 32' 48.3281" 127° 18' 36.8302" 49.711 m	36° 32' 48.3301" 127° 18' 36.8538" 49.687 m	-0.0020" -0.0236" +0.0232 m

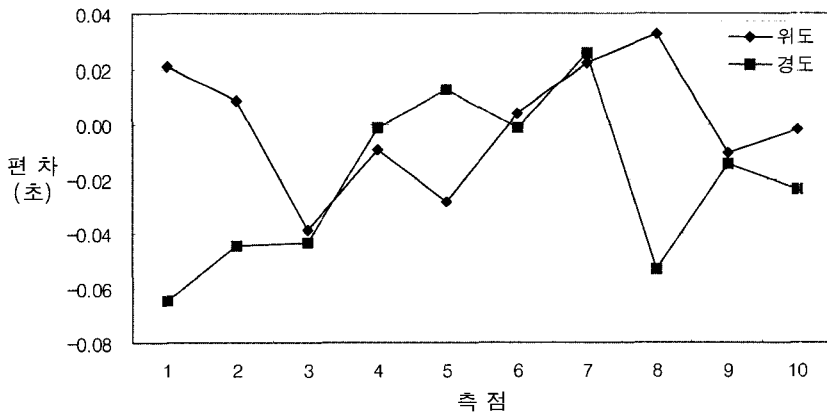


그림 1. 정지 측량 성과와 이동 측량 성과의 경·위도 비교(WGS84)

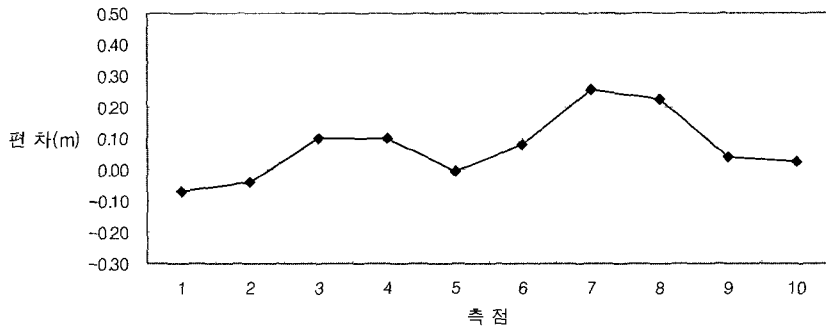


그림 2. 정지 측량 성과와 이동 측량 성과의 타원체고 비교(WGS84)

정지 GPS측량과 이동 GPS측량의 타원체고 성과를 비교한 것으로서 최대 약 0.255m의 편차를 나타내고 있다. 이와 같은 GPS 측량의 결과는 SPOT 영상의 공간 해상력이 10m인 것과, 위성영상 모델링에 의해 산출된 지상기준점 성과의 정확도를 고려하면 이동 GPS측량 방법으로도 충분한 성과가 얻어질 것으로 판단되어진다.

4. GCP/DEM 평가를 위한 GPS 현지측량

4.1 관측 및 자료처리

연구의 대상 지역은 대전 지역을 선정하였으며, SPOT 위성 영상의 입체 해석으로부터 산출된 GCP/DEM 점들에 대하여 이동측량 방법으로 관측하였다. 관측은 그림 3과 같이 영상에서 식별되는 지점을 지상기준점 30점, 수차표고모델 30점을 선정하여 GPS 측량을 수행하였다.

관측을 위해서 차량에 수신기를 부착하여 1초 간격으로 데이터를 획득하였으며, 보다 높은 정확도를 유지하기 위하여 최소 3분 이상의 관측을 수행하였다. 고정점은 장시간

관측이 가능한 지점을 선정하여 적어도 2개 이상의 고정점들이 이동측량 데이터 처리를 위하여 동시 관측되도록 하였다. 고정점의 관측시간은 현지상황에 따라 2시간이상으로 하였다. 또한 고정점들의 좌표 도출을 위해서는 가장 인접해 있는 상시관측소를 고정점으로 활용하였다.

사용된 수신기는 다른 기종 수신기에 따른 오차를 줄이기 위해서 2주파 수신기인 Trimble 4700, 4800 기종을 사용하였다. 자료처리는 Trimble의 기선해석 소프트웨어인 GPSurvey 2.35를 이용하였으며, 국제GPS관측기구(IGS; international GPS service for geodynamics) 정밀 궤도력을 사용하였다. 정표고 산출을 위해서는 EGM96 모델을 사용하였다.

4.2 GCP/DEM 점들에 대한 측량 성과 비교

대전지역에 대한 지상기준점 성과와 GPS 성과와의 차이는 표 5에서 나타난 바와 같이 WGS 84 위도와 경도 성과에 있어서 각각 최대 0.696", 0.468" 의 차이가 발생하였다.

벡셀 타원체 상의 위도와 경도 그리고 정표고 차이는 표 6에서와 같이 각각 최대 0.675", 0.741", 20.79m 정도였

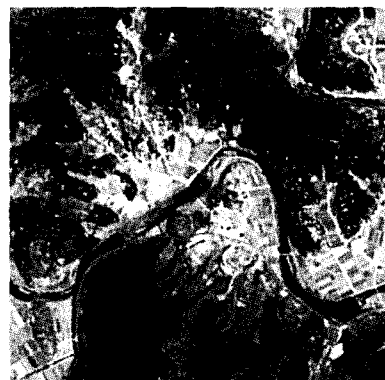


그림 3. 위성 영상 상의 GCP/DEM 선점

표 5. WGS 84 성과 비교

측점명	위도편차(″)	경도편차(″)	측점명	위도편차(″)	경도편차(″)
1	+0.614389	+0.760014	16	+0.083063	+0.086679
2	+0.671057	-0.145759	17	-0.421995	+0.229278
3	+0.487018	+0.243092	18	+0.390708	+0.178998
4	+0.432467	+0.222123	19	-0.196942	-0.163879
5	+0.496811	+0.313274	20	+0.119672	+0.324962
6	-0.121617	-0.105403	21	+0.08858	+0.17875
7	-0.531392	+0.143266	22	+0.478952	+0.433772
8	-0.021332	+0.245351	23	+0.134593	+0.094573
9	-0.501072	+0.467735	24	-0.169793	+0.041575
10	-0.639121	+0.094348	25	+0.2909	+0.013654
11	-0.320627	-0.094650	26	-0.130986	+0.087092
12	-0.308979	+0.153815	27	-0.544053	-0.048043
13	-0.139675	+0.196450	28	-0.037841	+0.08732
14	+0.557970	+0.168419	29	+0.695827	0.051106
15	-0.652958	+0.292802	30	+0.099062	0.046788

표 6. 동경원점 성과 및 정표고 성과 비교

측점명	위도편차(″)	경도편차(″)	정표고차(m)	측점명	위도편차(″)	경도편차(″)	정표고차(m)
1	+0.591575	+0.740646	+20.7935	16	-0.435371	+0.209012	-9.6049
2	+0.651242	-0.162021	+19.4671	17	+0.369245	+0.161087	+10.1664
3	+0.473522	+0.233258	+6.8246	18	-0.209784	-0.182866	-11.9273
4	+0.590810	+0.338060	-4.4523	19	+0.106024	+0.308623	-10.7547
5	+0.501101	+0.256108	+13.9944	20	+0.216230	+0.090330	-4.5403
6	-0.142193	-0.127213	+4.8719	21	+0.464885	+0.423846	-3.1324
7	-0.550332	+0.122793	-2.3181	22	+0.118567	+0.073970	-3.3687
8	-0.035060	+0.227030	-7.4237	23	-0.185208	+0.027790	-5.5302
9	-0.507605	+0.450001	+5.6307	24	+0.272728	+0.003352	-6.8447
10	-0.505678	+0.171749	-13.676	25	-0.148525	+0.073150	-7.9912
11	-0.334845	-0.115745	-2.7655	26	-0.522002	-0.074064	-10.1243
12	-0.326853	+0.131244	-0.7044	27	-0.059433	+0.073709	+6.5191
13	-0.145780	+0.209460	-5.4887	28	+0.674898	+0.032576	+9.1668
14	+0.621410	+0.331280	-4.6004	29	+0.078743	+0.029101	+7.2081
15	+0.070607	+0.070560	-14.8375	30	-0.658860	+0.305990	-9.7911

으며, 이를 평균제곱근오차(RMSE; root mean square error)로 표현하면 위도에서는 $\pm 0.407''$, 경도에서는 $\pm 0.246''$ 그리고 정표고 성과에서는 $\pm 9.433\text{m}$ 의 값을 보였다.

그림 4는 TM(transverse mercator) 투영한 성과의 비교로 X의 경우 -20m정도에서 +20m 정도까지 분포하고 있으며, Y의 경우 -5m정도에서 +18m정도까지 분포하

고 있다. 이분포의 평균제곱근오차는 X에서 $\pm 12.653\text{m}$, Y에서 $\pm 6.140\text{m}$ 의 값을 보였다.

그림 5는 GPS 측량 성과와 수치표고모델 점들에 대한 정표고 성과를 비교한 것으로 -8m에서 +27m의 분포를 나타내고 있다. 이를 평균제곱근오차로 표현하면 $\pm 12.058\text{m}$ 로 나타났다. SPOT 영상의 공간 해상력이 10m 인 것을 고려

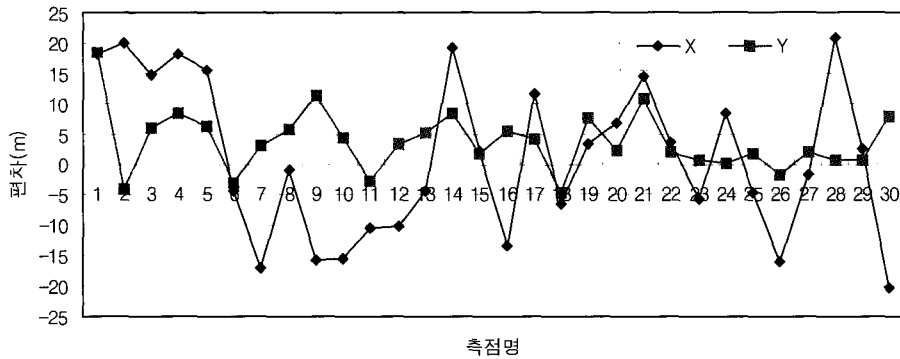


그림 4. TM 투영 성과 비교

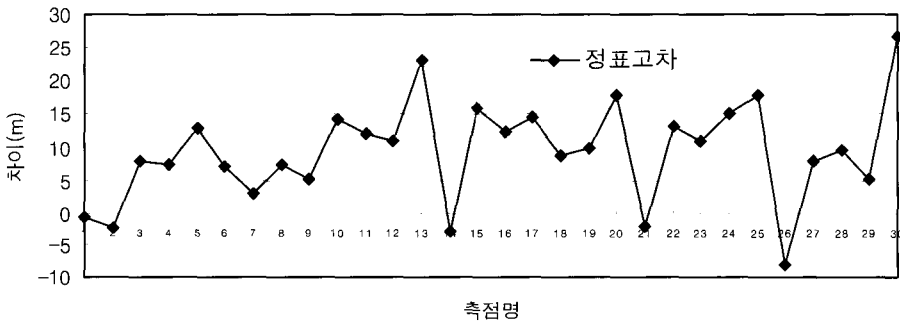


그림 5. DEM 성과 비교

하였을 때 위성 영상의 입체 해석을 통하여 수치표고모델 제작이 가능한 것을 알 수 있었다.

5. 결 론

위성영상 GCP/DEM 평가를 위한 효율적인 GPS 측량방법 및 자료분석 방법을 연구한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 상시관측소의 활용 가능성을 검토하기 위하여 상시관측소와 삼각점 및 수준점들에 대한 GPS 상대 측위 결과, 벡셀 경위도에서 삼각점들의 고시성과와 0.01" 미만의 편차를 보였으며, 수준점 성과와 연계하였을 경우 정표고에서 3cm 미만의 차이를 보였다. 따라서 기준점 좌표 산출에 있어서 상시관측점들을 고정점으로 사용 가능성을 입증할 수 있었다.

2. GPS 측량을 통해 효과적인 SPOT 영상 수치표고모델 평가 방법을 검토할 목적으로 정지 GPS 측량 성과와 이동 GPS 측량 성과를 분석한 결과, 두 성과의 차이는 경위도에

서 약 0.0013" ~ 0.09", 정표고에서 최대 약 0.25m의 차이를 나타내었으므로, SPOT 영상의 공간 해상력을 고려할 때 이동 GPS 측량으로도 위성영상의 수치표고모델 평가가 가능함을 알 수 있었다.

3. SPOT 영상 지상기준점 및 수치표고모델 점들에 대한 GPS 측량 결과, TM 투영 성과에 있어서 X는 12.625m, Y는 6.140m의 평균제곱근오차 값을 나타냈으며, 정표고에서는 9.434m의 평균제곱근오차 값을 나타냈다.

이상의 연구 결과로 위성영상 입체모델로 부터 수치표고모델 제작이 가능함을 입증할 수 있었으며, 향후 고해상력 위성영상의 경우에는 이와 같은 연구가 수행되어야 할 것으로 사료된다.

참고문헌

- 장준목, 이용욱, 박정현 (2000), 궤도력에 따른 장기선 GPS 이동 측량의 정확도 분석에 관한 기초연구, 한국측량학회지, 한국측량학회, 제 18권, 제2호, pp. 121-127.
- 김감래, 안병구, 김명배 (2003), SPOT 영상을 사용한 3차원 모델

- 링시 지상기준점수에 따른 정확도 평가, 한국측량학회지, 한국측량학회, 제 21권 제1호, pp. 61-70.
- 김태정, 이흥규 (1997), 위성영상으로부터 수치표고모형 추출을 위한 새로운 정합 구역의 비선형 최소자승 영상정합 알고리즘 개발, *Korean Journal of Remote Sensing*, 대한원격탐사학회, Vol. 13, No. 2, pp. 121-132.
- 김태정, 임용조 (2002), SPOT, EOC, IKONOS 스테레오 영상으로부터 생성된 도산지역 DEM의 정확도 및 성능 비교 분석, *Korean Journal of Remote Sensing*, 대한원격탐사학회, Vol. 18, No. 4, pp. 221-231.
- 임영빈, 이용욱, 권용대 (2002), SPOT 영상에 의한 DEM 생성 정확도 평가방법 연구, 창립20주년 기념 국제학술대회 지오메틱스의 현황과 전망, 한국측량학회, pp. 167-172.
- Day, T. and Muller J. P. (1989), Digital elevation model production by stereo matching SPOT image-pairs: A comparison of algorithms, *Science Direct*, Vol. 7 No. 2 pp. 95-101.
- Kang, Joon-mook, Lee, Yong-wook, Park, Jeong-hyeon, Lee, Eun-soo (2001), The relationship between networks accuracy and duration of session in static GPS method, *Korean Journal of Geomatics*, KSGPC, Vol. 1, No. 1, pp. 35-41.
- Zebker, H.A. and Goldstein, R.M. (1986), Topographic mapping from interferometry synthetic aperture radar observations, *Journal of Geophysical Research*, AGU, No. 91, B5, pp. 4993-4999.
- Zebker, H.A., Werner, C.L., Rosen, P.A. and Hensley, S. (1994), Accuracy of topographic maps derived from ERS-1 interferometric radar, *Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, IEEE, Vol. 32, No. 4, pp. 824-826.
- <http://www.ngi.go.kr>, 국토지리정보원.

(접수일 2004. 2. 18, 심사일 2004. 3. 15, 심사완료일 2004. 3. 18)