

## 고해상도 항공영상과 항공타겟을 이용한 농경지 필지경계 설정에 관한 연구

박치영<sup>1</sup> · 이재원<sup>1\*</sup>

### Parcel Boundary Demarcation in Agricultural Area Using High Resolution Aerial Images and Aerial Targets

Chi-Young PARK<sup>1</sup> · Jae-One LEE<sup>1\*</sup>

#### 요 약

농경지 지적경계 설정은 보편적으로 지상측량으로 수행되고 있으나, 많은 시간과 경비의 투입이 단점으로 지적되고 있다. 한편, 최근 고성능 디지털 항공카메라의 개발로 항공사진측량을 이용한 지적 경계설정에 관한 연구가 크게 관심을 받고 있는 실정이다. 본 연구에서는 대공표지를 기반으로 고해상도 항공정사영상으로부터 경계점을 추출하여 현실경계와 부합하는 농경지역의 필지경계를 신속하게 설정하는 방안을 제시하고자 한다. 이 방안의 적용성을 검토하기 위하여 농경지 두 지역을 연구대상지로 선정하여 지상측량에 의한 필지경계점의 좌표와 면적을 기준으로 정사영상에서 항공타겟을 추출한 결과의 정확도와 상호 비교하였다. 연구대상지 중 창원지역은 ADS80 카메라로 GSD 8cm로, 수원지역은 DMCII 카메라로 GSD 5cm로 각각 촬영하여 영상을 취득하고 처리하였다. 연구결과 항공영상을 이용한 필지경계 설정의 정확도는 지상측량에 의한 방법과 비교하여 경계점 좌표와 면적의 허용오차 한계 이내임을 알 수 있었다. 따라서 본 연구에서 제시한 항공타겟 기반의 고해상도 항공영상은 향후 농경지의 필지경계 설정에 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

주요어 : 고해상도 항공영상, 농경지역, 필지경계 설정, 항공타겟, 수치도화

#### ABSTRACT

Parcel boundary demarcation in agricultural area is commonly performed by terrestrial surveying methods, which have been pointed out as drawbacks to require consuming too much time and heavy expenditure. With the developments of high performance digital

2016년 1월 20일 접수 Received on January 20, 2016 / 2016년 2월 24일 수정 Revised on February 24, 2016 / 2016년 3월 9일 심사완료 Accepted on March 9, 2016

<sup>1</sup> 동아대학교 토목공학과 Dept. of Civil Engineering, Dong-A University

\* Corresponding Author E-mail : leejo@dau.ac.kr

aerial cameras, however, studies on cadastral boundary demarcation with an aerial photogrammetric method attract a great attention in recent years. In this paper, an approach is presented to rapidly demarcate parcel boundaries coinciding with real ground ones in agricultural areas by extracting boundaries from the high resolution aerial orthoimages based on aerial targets. In order to investigate the feasibility of the proposed method, the accuracy of coordinates and area of parcel boundaries extracted from the aerial targets appeared in orthoimages compared with that of terrestrial boundary surveying results over the selected two test agricultural areas. Aerial image data were processed taken by a ADS80 digital camera with a GSD of 8cm in Changwon region, and by a DMCII camera with a GSD of 5cm in Suwon respectively. The result shows that the accuracy of parcel demarcation using aerial images is within the tolerance limits of coordinates and areas compared with that of terrestrial surveying. The proposed method using aerial target-based high resolution aerial images is therefore expected to be usefully applied in the agricultural parcel demarcation.

**KEYWORDS** : *High Resolution Aerial Images, Agricultural Area, Parcel Boundary Demarcation, Aerial Target, Stereo Plotting*

## 서론

토지를 효율적으로 관리하고 국민의 토지소유권을 보호하기 위한 지적제도는 국가적으로 매우 중요한 제도로써 사회적, 경제적 및 행정적 측면에서 다양한 역할과 기능을 수행하고 있다(Jang, 2010). 하지만 우리나라의 현행 지적제도의 근간은 일제 강점기하인 1910년대에 세금징수와 토지수탈을 목적으로 구축되어 당시 측량기술의 낙후와 도해지적의 한계로 인하여 국민의 재산권 보호와 효율적인 국토관리에 근원적으로 많은 문제점을 내포하고 있다(Kim, 2007). 아울러 지적정보의 핵심요소인 개별 필지에 대한 위치, 경계 및 면적등록의 기준이 되는 지적도면은 여전히 과거 도해지적으로부터 발생하는 다양한 오류를 내포하고 있다. 특히, 지적도상의 필지경계는 좌표계의 이원화, 축척의 불일치 및 도곽접합 문제 등으로 유발된 불부합지로 인하여 정확도가 매우 미흡한 실정이다(Park and Lee, 2015).

지적불부합지는 지적공부상의 등록사항이 실제 현황과 일치하지 아니하여 토지의 이용에

구조적 장애를 초래하며, 나아가 지적관리와 국가 토지행정에 혼란을 가져온다. 따라서 정부는 2011년 지적재조사에 관한 특별법을 제정하여 전국에 산재한 지적불부합지 문제를 근본적으로 해결하고자 전 국토를 조사·측량하여 새로운 지적공부에 등록 및 관리하고 디지털 지적으로의 전환을 위하여 지적재조사 사업을 시행하고 있다(Park *et al.*, 2013). 2012년부터 본격적으로 시행된 이 사업은 2030년까지 수행되는 장기 국책 프로젝트이다. 본 사업을 성공적으로 수행하기 위하여 국토해양부에서는 정책, 제도 및 기술 분야 등 다양한 연구와 실험을 수행한 바 있다(MLTM, 2011a; MLTM, 2011b; MLTM, 2011c).

디지털 항공영상을 이용한 토지경계 결정에 관한 연구동향을 정리하면 다음과 같다. Kim and Lee(2008)는 DMC 카메라로 지상해상도(GSD: Ground Sample Distance) 10cm로 농경지를 촬영한 영상을 이용하여 경계를 추출한 결과 필지 간 고저 차의 유무에 따라 정확도가 달라지며, 항공영상에서 지형 식별이 난해하여 경계추출의 오차가 발생하는 결과를 제시하였다. Kim(2010)은 UltraCamX 카메라로 GSD

5cm로 경지정리가 수행된 농경지를 촬영한 항공영상을 수치도화하여 지상측량에 의한 필지경계점 200점의 좌표와 비교한 결과 과대오차 1점을 제외하면 평균 위치오차가 10cm이내인 결과를 얻었다. Lee(2010)는 UltraCamX 카메라로 GSD 12.5cm로 경지정리가 이루어진 농경지를 촬영한 영상을 수치도화 및 정사영상에서 경계점을 추출하여 지적현황측량과 비교한 결과 수치도화 방법이 평균오차가 36cm로 정사영상에 의한 방법의 평균오차 41cm 보다 우수한 결과를 얻었다. 그리고 수치도화에 의한 방법의 오차가 큰 원인으로서는 촬영은 겨울에, 지상현황측량은 작물이 성숙한 봄철에 수행된 계절적 요인에 의한 영향이라는 결론을 도출하였다.

Lee *et al.*(2010)는 UltraCamX 카메라로 GSD 12.5cm로 농경지를 촬영한 영상을 이용하여 8점의 필지경계점을 수치도화한 성과와 지적현황측량 성과와 비교하여 평균오차가 50cm로 크게 발생한 결과를 얻었다. 이는 경계점 식별의 한계와 논둑의 경계이동에 따른 원인으로 분석하였다. Kwak(2011)은 DMC 카메라로 GSD 10cm로 도심 외곽의 경지정리가 된 농경지를 촬영한 영상을 3차원 도화한 결과 논둑의 높낮이를 쉽게 판별 가능함을 알 수 있었다. 아울러 항공영상의 성과를 수치도화기에서 지형·지물의 경계를 기준으로 도화하고 KGIS 자료를 중첩하여 현실경계를 설정하는 방법이 지상측량보다 상대적으로 간편하고 신속함을 제시하였다. 그리고 Chang *et al.*(2012)은 항공 LiDAR 자료와 항공사진을 활용하여 디지털 영상 처리기법을 적용하여 3차원 하천 경계선을 매핑하는 기법을 개발하였으며, Choung(2015)은 고해상도 위성영상과 항공 LiDAR 자료를 이용하여 해안지역에 인접한 다양한 농경지 추출에 관한 연구를 수행하였다.

상기의 선행연구들을 요약하면, 디지털 항공영상을 이용한 농경지의 경계 결정은 크게 입체시 영상에서 작업자가 직접 경계를 도화하거나 정사영상에서 디지털이징으로 경계를 추출하는 방법을 채택하고 있다. 하지만 경계 설정

에 이용된 카메라의 기종과 영상의 해상도가 달라 그 결과가 매우 상이하게 나타나고 있다. 아울러 지형과 지적간의 경계기준이 상이하고 정사사진 제작의 오류와 기준점 문제, 데이터 취득 시기 및 도화사의 역량차이 등 다양한 요인으로 오차가 발생하는 문제를 지적하고 있다 (Lee *et al.*, 2010). 또한 농지사이의 배수로와 지형의 고저 차, 임야와 토지의 접경지역, 폐색지역 및 음영지역이 발생하여 지적경계가 모호한 곳이 존재하고 특히 항공영상을 이용한 수치도화만으로는 정확한 경계설정에 무리가 있는 것으로 판단하고 있다. 따라서 지적경계의 설정 시 반드시 현장측량의 병행이 이루어져야 한다고 판단하고 있다(Park, 2013). 따라서 본 연구에서는 영상을 이용한 도화작업 시 발생하는 지적경계인식의 모호성을 제거하기 위하여 지적측량전문가가 현장에서 지정한 필지경계점에 항공타겟을 설치하여 경계설정의 객관성과 정확도를 확보하고자 하였다.

## 연구 방법

고해상도 항공영상에 의한 농경지의 필지경계 설정의 정확도 분석을 위한 연구방법은 그림 1과 같이 크게 지상측량 분야와 항공사진측량 분야로 구성된다. 먼저 지상측량 분야에서는 연구대상지로 선정된 창원과 수원의 항공사진측량에 의한 농경지 필지경계 설정의 정확도 분석을 위한 비교 기준값을 얻기 위하여 GPS-VRS로 지적현황측량을 수행하는 작업이 가장 큰 임무이다. 비교 기준값이 되는 필지경계점의 위치는 지적측량업무에 종사하는 전문가의 도움으로 그 위치를 선정하고 항공타겟(aerial target)을 설치하여 경계점 측량을 수행하였다.

항공사진측량 분야에서는 ADS80과 DMCII 카메라로 각각 GSD 8cm와 5cm로 두 지역의 연구대상지로 선정된 필지들에 대한 영상을 취득하여 Match-AT 5.6 프로그램으로 AT (Aerial Triangulation) 작업을 거쳐 정사영상을 제작하였다. 정사영상에 제작된 표고정보는 Optech사의 ALTM Gemini 167 장비를 사용

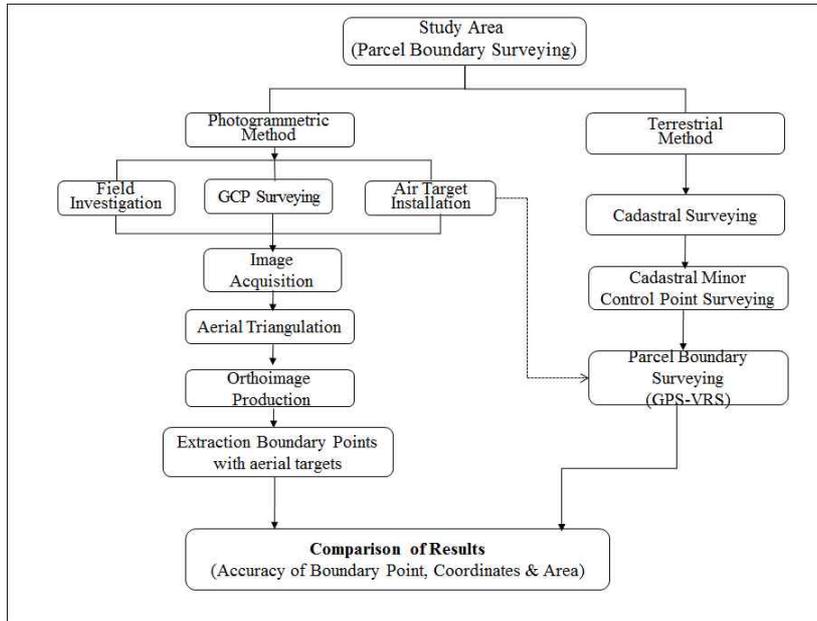


FIGURE 1. Flow chart of study method

하여 격자간격 1m로 제작된 Lidar DEM (Digital Elevation Model)을 이용하였다. 그다음 항공타겟이 촬영된 정사영상을 이용하여 AutoCad상에서 벡터라이징하는 방법으로 필지경계점의 좌표를 추출하고 면적을 산출하였다.

항공사진측량에 의한 정확도 분석방법은 지적현황측량 성과를 기준값으로 항공정사영상에서 벡터라이징으로 항공타겟을 추출한 성과, 수치도화 성과 및 지적공부상의 등록면적을 현행 지적측량 관련 정확도 규정을 적용하여 경계점 성과와 필지면적에 대한 허용오차 여부를 비교 판단하였다. 정확도 평가는 필지경계점의 경우에는 현행 「지적측량 시행규칙」(시행 2015.06.04) 제4절 제27조 지적측량성과의 결정에 따라 10분의 3M밀리미터(M : 축척분모)의 지적측량성과와 검사성과의 연결교차를 적용하였다. 즉 본 연구의 대상지 두 곳은 모두 1/1200 지역으로써 연결교차 36cm의 허용오차 기준의 만족여부를 판단하였다. 그리고 면적의 정확도는 「공간정보의 구축 및 관리 등에 관한 법률 시행령」 제19조에서 규정한 면적오차 허용범위

산출에 관한 식 (1)에 따라 계산한 결과를 적용하였다.

$$A = 0.026^2 M \sqrt{F} \tag{1}$$

여기서, A는 허용면적, M은 축척분모 수이고, F는 대장면적이다. 즉 항공사진측량 방법에 의한 면적산출 결과를 지적공부상의 면적과 비교하여 연구대상지역의 축척 1/1,200 허용공차의 만족여부를 검토하였다.

## 실험 및 자료취득

### 1. 연구대상지

본 연구의 대상지는 경남 창원시 의창구 동읍 화양리에 소재한 주변이 농경지로 둘러싸여 있는 전형적인 농촌지역의 60(답)과 72(답)의 두 필지이다. 그리고 경기도 수원시 권선구 세류동에 소재한 도로와 주거지역에 인접한 도시 주변의 365-3(답)의 한 필지이다. 총 3필지로 구성된 대상지역의 현황을 항공영상에 도시하



FIGURE 2. Overview of study area

면 그림 2와 같다. 또한 연구대상지의 항공사진 측량은 창원시 2011년 2월, 그리고 수원시는 2012년 12월에 실시하였다.

## 2. 촬영카메라

본 연구에 사용된 디지털 항공카메라는 선형 방식(line array) ADS80과 면형방식(frame array)의 DMCII이며, 이들에 대한 자세한 사양은 표 1에 수록하였다(Markelin, 2013).

TABLE 1. Specifications of digital aerial cameras used

Camera Specification	ADS80	DMCII 250
Camera head	Pushbroom Single-head 2 PAN 2x(R, G, B, NIR)	Area array Multi-head 1 PAN R, G, B, NIR
Focal length(Pan)	65mm	120mm
Image size (pixel)	2 x 12,000 stag.	16,768 x 14,016
Pixel size	6.5 $\mu$ m	5.6 $\mu$ m
Radiometric resolution	12 bits	14 bits

ADS80 카메라는 라인방식으로 전방(forward), 연직(nadir) 및 후방(backward) 영상을 동시에 취득하는 구조로 CCD가 배열되어 있다. 즉 단일렌즈 화면에 3개의 흑백센서(PAN)와 다중채널(R, G, B, NIR)이 평행하게 배열되어 있다. 흑백채널은 두 라인이 약 0.5

pixel 정도의 엇갈림 배열방식(staggered)으로 구성되어 있으며, 각각의 라인은 12,000화소이다(Wagner, 2011; Park, 2013).

DMC II 카메라는 DMC 후속모델로 2011년부터 상용화되어 사용되고 있다. DMC의 경우에는 네 개의 다중 카메라로 각각 촬영된 보조 영상들(Sub-images)을 집성과정을 거쳐 하나의 영상을 제작하였다. 반면 DMC II는 CCD 픽셀의 크기가 대형화되어 흑백영상은 단일카메라(single camera head)로 촬영하여 집성과정을 거치지 않고 바로 한 장의 영상을 얻을 수 있는 점이 큰 장점이다. 즉 Sub-image로 촬영되어 집성되는 작업이 필요하지 않아 기하학적 안정성이 크게 향상되었다(Neumann, 2011; Park, 2013).

## 3. 영상취득

두 대상지역 중 창원은 ADS80카메라로 GSD 8cm로, 수원은 DMC II 카메라로 GSD 5cm로 촬영하였다. 창원의 대상지역은 전형적인 농촌마을로 경지정리가 이루어지지 않은 농경지가 대부분을 차지하고 있으며, 전체 촬영면적은 약 2.6km<sup>2</sup>이며, 촬영고도 760m에서 횡중복도 30~40%로 촬영하였다. 또한, 수원의 경우 주로 주거지역과 도로로 구성된 지역으로 촬영 전체 면적은 약 27km<sup>2</sup>이며, 촬영고도는 900m이다. 그리고 중중복도 80%와 횡중복도 70%로 촬영을 수행하였다. 본 연구의 대상지역

별 항공사진의 촬영 제원은 표 2와 같다.

TABLE 2. Flight parameters for study area

Parameters	Site	
	Changwon	Suwon
Camera type	ADS80	DMC II 250
Flying height	760m	900m
GSD	8cm	5cm
Overlap	Q=30~40%	P=80%, Q=70%

## 결과 분석

### 1. 필지경계점 정확도

#### 1) 창원시

연구지역 창원의 경우 두 필지 중 60답은 총 22개의 필지경계점을, 그리고 72답은 총 17개의 필지경계점에 대하여 지적현황측량을 수행한 결과와 정사영상에서 항공타겟을 추출하여 벡터라이징한 결과 및 수치도화에 의한 결과를 비교 도시하면 각각 그림 3과 그림 4와 같다. 촬영된 영상을 확대한 두 그림의 우측에서 항공타겟(흰색 정방향)을 뚜렷이 식별할 수 있다.

그림 3과 그림 4로 부터 두 필지에 대하여

측정된 모든 개별 필지경계점들에 대한 각 방법별 좌표측정 성과와 오차를 비교하면 각각 표 3과 표 4와 같다.

두 필지에 대한 각 필지경계점의 종·횡좌표에 대한 연결교차의 평균오차, 표준편차 및 최대오차를 요약 정리하면 표 5와 같다.

두 필지의 필지경계점에 대한 현황측량성과를 기준으로 한 연결교차의 표준편차는 각각 60(답)은 0.039m, 72(답)은 0.038m이다. 이 결과는 「지적측량 시행규칙」(시행 2015. 06. 04) 제4절 제27조 지적측량성과의 결정에 따라 10분의 3M 밀리미터(M : 축척분모)의 지적측량성과와 검사성과의 연결교차를 적용하면, 대상연구지역은 1/1200 지역으로 연결교차 36cm의 기준을 모두 충분히 만족하는 결과이다.

한편, 72(답)에서는 최대오차가 0.056m로 작은 반면, 60(답)에서는 최대오차가 0.074m가 발생하는 필지경계점(경계점 번호 4)이 한 점 존재하였다. 따라서 지적측량 시행규칙보다 엄격한 기준이 적용된 「지적재조사에 관한 특별법 시행규칙」(시행 2013. 3. 23) 제7조 경계점에 대한 지적재조사측량성과의 결정 기준  $\pm 0.07m$ 을 적용하면 60(답)에서는 한 점이 이

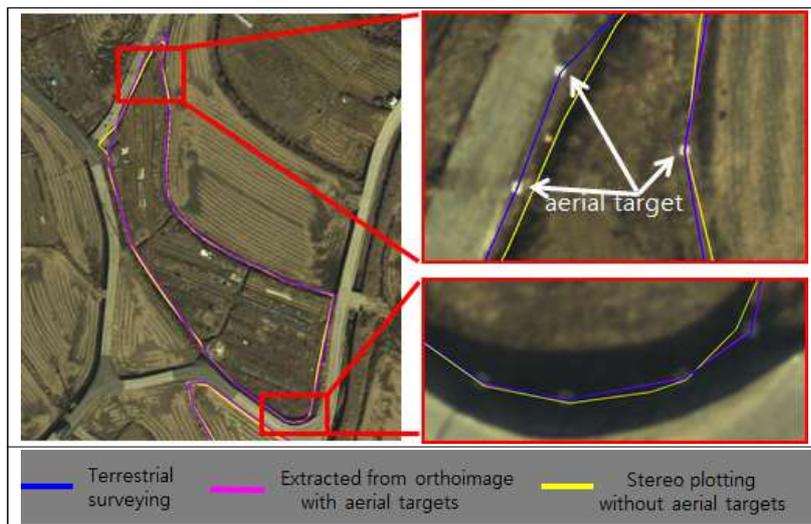


FIGURE 3. Results comparison of boundary point surveying (60 paddy) in Changwon

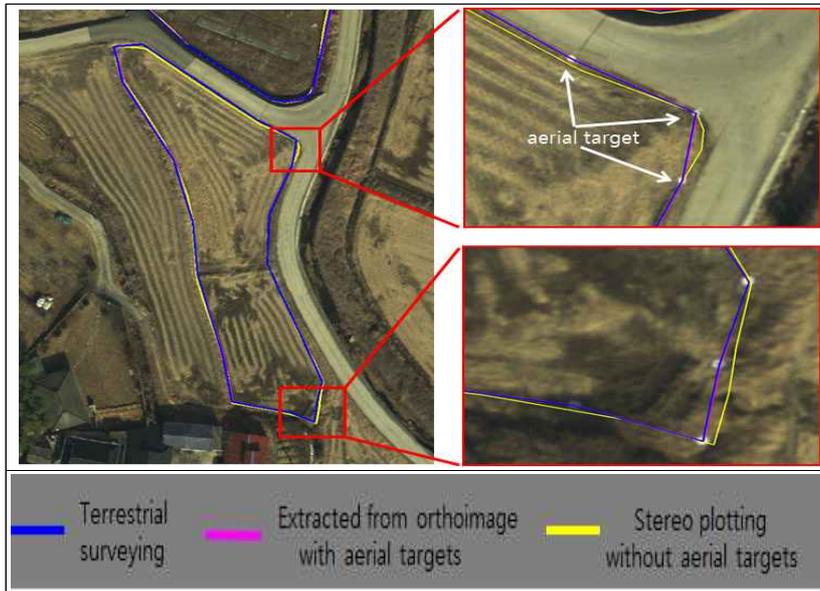


FIGURE 4. Results comparison of boundary point surveying (72 paddy) in Changwon

TABLE 3. Comparison of boundary point coordinates between terrestrial surveying and extracted from orthoimages with aerial target (paddy 60) (unit : m)

Point no.	Terrestrial surveying(A)		Aerial surveying with aerial target(B)		Error (A)-(B)		
	X	Y	X	Y	$\Delta X$	$\Delta Y$	Distances
1	300469.681	169141.145	300469.666	169141.179	0.015	-0.034	0.037
2	300463.508	169135.073	300463.530	169135.094	-0.022	-0.021	0.030
3	300459.436	169133.506	300459.420	169133.514	0.016	-0.008	0.018
4	300448.027	169128.310	300447.978	169128.366	0.049	-0.056	0.074
5	300437.364	169125.156	300437.344	169125.196	0.02	-0.04	0.045
6	300415.503	169131.503	300415.498	169131.522	0.005	-0.019	0.020
7	300385.864	169151.849	300385.853	169151.893	0.011	-0.044	0.045
8	300379.111	169158.614	300379.102	169158.636	0.009	-0.022	0.024
9	300369.442	169172.374	300369.423	169172.395	0.019	-0.021	0.028
10	300369.006	169174.429	300369.016	169174.468	-0.01	-0.039	0.040
11	300369.503	169177.276	300369.528	169177.302	-0.025	-0.026	0.036
12	300370.647	169178.934	300370.694	169178.963	-0.047	-0.029	0.055
13	300402.218	169185.254	300402.182	169185.279	0.036	-0.025	0.044
14	300405.350	169172.695	300405.338	169172.714	0.012	-0.019	0.022
15	300408.238	169167.673	300408.212	169167.701	0.026	-0.028	0.038
16	300412.466	169158.069	300412.461	169158.092	0.005	-0.023	0.024
17	300417.519	169149.651	300417.502	169149.675	0.017	-0.024	0.029
18	300423.405	169143.327	300423.391	169143.350	0.014	-0.023	0.027
19	300427.663	169141.106	300427.669	169141.146	-0.006	-0.04	0.040
20	300434.649	169140.584	300434.640	169140.636	0.009	-0.052	0.053
21	300449.616	169141.669	300449.591	169141.701	0.025	-0.032	0.041
22	300460.745	169139.612	300460.733	169139.638	0.012	-0.026	0.029

TABLE 4. Comparison of boundary point coordinates between terrestrial surveying and extracted from orthoimages with aerial target (paddy 72) (unit : m)

Point no.	Terrestrial surveying(A)		Aerial surveying with aerial target(B)		Error (A)-(B)		
	X	Y	X	Y	$\Delta X$	$\Delta Y$	Distances
1	300379.256	169151.281	300379.231	169151.303	0.025	-0.022	0.033
2	300378.866	169146.652	300378.851	169146.684	0.015	-0.032	0.035
3	300372.683	169148.060	300372.680	169148.074	0.003	-0.014	0.014
4	300358.749	169156.347	300358.735	169156.389	0.014	-0.042	0.044
5	300347.735	169159.492	300347.718	169159.518	0.017	-0.026	0.031
6	300338.367	169160.212	300338.362	169160.236	0.005	-0.024	0.025
7	300323.902	169164.434	300323.897	169164.477	0.005	-0.043	0.043
8	300315.899	169165.830	300315.927	169165.874	-0.028	-0.044	0.052
9	300313.902	169175.408	300313.897	169175.436	0.005	-0.028	0.028
10	300312.278	169179.183	300312.273	169179.218	0.005	-0.035	0.035
11	300315.771	169179.664	300315.771	169179.705	0	-0.041	0.041
12	300319.547	169180.546	300319.574	169180.559	-0.027	-0.013	0.030
13	300340.222	169171.553	300340.256	169171.598	-0.034	-0.045	0.056
14	300349.222	169171.879	300349.245	169171.918	-0.023	-0.039	0.045
15	300357.847	169175.635	300357.857	169175.669	-0.01	-0.034	0.035
16	300362.292	169176.347	300362.290	169176.387	0.002	-0.04	0.040
17	300365.890	169169.934	300365.904	169169.966	-0.014	-0.032	0.035

TABLE 5. Summarized distance errors of boundary point surveying (Changwon)

(unit : m)

Parcel	Error		
	Average	RMSE	Max
60 paddy	0.036	0.039	0.074
72 paddy	0.037	0.038	0.056

허용오차의 범위를 벗어나게 된다. 하지만 해당 필지경계점의 연결교차가 0.074m로, 단지 0.004m로 아주 근소하게 허용범위를 초과하고 있는 것을 알 수 있다. 따라서 항공타겟을 이용한 방법은 매우 높은 정확도로 농경지의 필지경계 설정이 가능한 유용한 방법이다.

## 2) 수원시

경기도 수원시의 농경지역 대상 필지는 수원시 권선구의 1필지(365-3답)를 선정하여 항공타겟을 설치하였다. 분석방법은 창원시의 경우와 동일한 방법으로 수행하였으며, 그 결과로 도시하면 그림 5와 같다. 수원시의 경우에는 19개 필지경계점에 대하여 현황측량을 수행하고 동일 필지경계점에 항공타겟을 설치하여 그 성과를 취득하였다. 촬영된 영상을 확대한 그림

의 우측에서 항공타겟(흰색 정방형)을 뚜렷이 식별할 수 있다.

그림 5로부터 두 필지에 대한 개별 필지경계 점들에 대한 각 방법별 좌표측정 성과와 오차를 비교하면 각각 표 6과 같다.

필지경계점에 대하여 현황측량성과를 기준으로 정상영상의 항공타겟에서 추출한 필지경계점좌표의 연결교차의 표준편차는 0.027m이고, 최대오차는 0.067m이다. 이 결과는 해당 연구 대상지가 1/1,200 지역이므로 「지적측량 시행규칙」 뿐만 아니라, 지적재조사에 관한 특별법 시행규칙에서 규정하는 경계점 측량의 허용오차를 모두 충분히 만족하고 있다. 또한, 수원지역의 항공영상은 GSD 5cm로 촬영되어 연결교차의 표준편차(0.027m)가 창원지역의 GSD 8cm 영상에 의한 결과(0.039m)보다 경계점

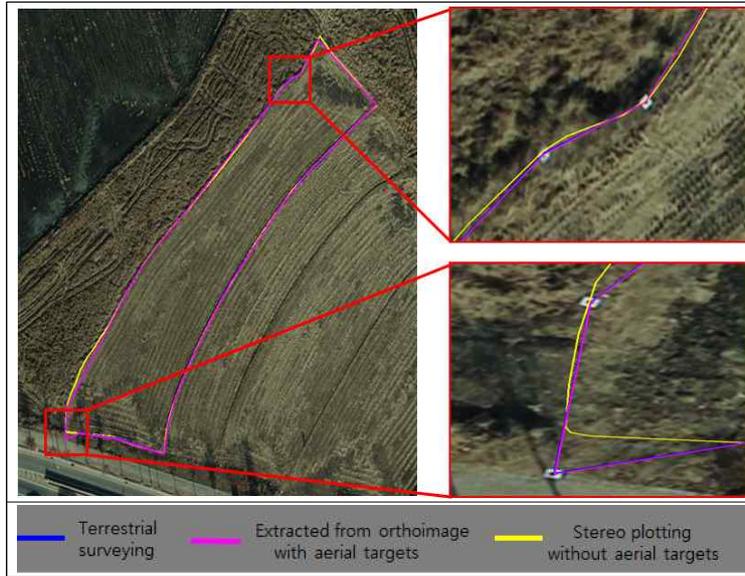


FIGURE 5. Results comparison of boundary point surveying in Suwon

TABLE 6. Comparison of boundary point coordinates between terrestrial surveying and extracted from orthoimages with aerial target (paddy 365-3) (unit : m)

Point no.	Terrestrial surveying(A)		Aerial surveying with aerial target(B)		Error (A)-(B)		
	X	Y	X	Y	$\Delta X$	$\Delta Y$	Distances
1	517683.068	200265.060	517683.070	200265.083	-0.002	-0.023	0.023
2	517686.251	200251.321	517686.206	200251.271	0.045	0.050	0.067
3	517687.318	200240.912	517687.295	200240.896	0.023	0.016	0.028
4	517686.082	200236.764	517686.048	200236.774	0.034	-0.010	0.035
5	517692.737	200237.539	517692.719	200237.538	0.018	0.001	0.018
6	517717.013	200254.895	517717.021	200254.902	-0.008	-0.007	0.011
7	517721.505	200258.667	517721.467	200258.691	0.038	-0.024	0.045
8	517726.650	200263.883	517726.653	200263.880	-0.003	0.003	0.004
9	517733.077	200271.432	517733.091	200271.450	-0.014	-0.018	0.023
10	517760.180	200300.717	517760.142	200300.709	0.038	0.008	0.039
11	517761.726	200304.248	517761.723	200304.253	0.003	-0.005	0.006
12	517768.909	200309.394	517768.900	200309.398	0.009	-0.004	0.010
13	517755.242	200326.057	517755.234	200326.056	0.008	0.001	0.008
14	517741.216	200306.401	517741.223	200306.376	-0.007	0.025	0.026
15	517734.511	200298.849	517734.510	200298.839	0.001	0.010	0.010
16	517718.546	200284.342	517718.525	200284.349	0.021	-0.007	0.022
17	517703.141	200273.297	517703.131	200273.309	0.010	-0.012	0.016
18	517694.773	200268.520	517694.750	200268.522	0.023	-0.002	0.023
19	517689.479	200266.534	517689.484	200266.554	-0.005	-0.020	0.021
Distance error			Average =0.023, RMSE=0.027, Max=0.067				

추출의 정확도가 약간 향상됨을 알 수 있다.

**2. 필지면적 정확도**

1) 창원시

항공영상에 의한 필지면적 결정의 정확도 분석은 현황측량 성과를 비교의 기준값으로 하여 항공타겟을 이용한 성과와 수치도화 성과 및 지적공부 상 등록 면적을 상호 비교하였으며, 그 결과는 표 7과 같다. 먼저, 현황측량에 의한 면적을 기준으로 항공타겟을 이용한 성과의 오차는 60답에서는 0.7㎡(0.04%), 72답은 0.17㎡(0.02%)로 두 성과 모두 기준값과 거의 일치하는 결과를 보여주고 있다. 또한, 수치도화 성과와의 오차는 60답은 2.55㎡(0.13%), 72답은 6.23㎡(0.68%)로 1% 미만의 매우 높은 정확도를 보여 주고 있다. 한편, 지적공부 상 등록면적과 현황측량에 의한 결과를 비교하면 면적의 차이는 60답은 71.09㎡(3.6%)로 다소 커지고 있으며, 72답은 222.23㎡(24.23%)로 그 차이가 매우 크게 발생하고 있다.

이 결과를 현행 관련 법령에서 규정한 면적 오차 허용범위 산출에 관한 식 (1)을 적용하여 계산된 각 필지별 오차허용 면적인 60답 36.64㎡, 72답 27.39㎡와 비교 분석하면 다음과 같다. 첫째, 현황측량 성과를 기준으로 하면 항공타겟 및 수치도화 성과 둘 다 허용범위를 충분히 만족하는 결과이다. 특히, 항공타겟을 이용한 성과는 현황측량 성과와의 차이가 극히 미미하여 매우 정확한 결과를 보여주고 있다. 둘째, 하지만 지적공부 상 등록면적을 기준으로 하면 항공영상을 이용한 두 성과뿐만 아니라 현실경계를 반영하는 현황측량의 성과도 허용

범위를 크게 벗어나는 결과를 나타내고 있다.

이는 지적공부 등록 당시의 측량오류, 농작물의 재배 및 계절의 영향 등으로 인하여 농경지 필지 형태와 경계가 지속적으로 변화되어 결국 지적불부합 필지가 생성된 것으로 판단할 수 있다. 그러므로 도해지역에서 지적공부 상 등록 면적을 기준으로 항공영상을 이용한 경계추출의 결과 비교는 오차가 너무 크게 발생하므로 큰 의미가 없는 것으로 결론지을 수 있다.

2) 수원시

연구대상지 수원의 경우에도 창원지역과 동일한 방법으로 현황측량 성과를 비교의 기준값으로 하여 항공타겟을 이용한 성과와 수치도화 성과 및 지적공부 상 등록 면적을 상호 비교하였으며, 그 결과는 표 8과 같다. 먼저, 현황측량에 의한 면적을 기준으로 항공타겟을 이용한 성과의 오차는 0.12㎡(0.01%)로 극히 미미하여 기준값과 동일한 결과를 보여주고 있다. 또한, 수치도화 성과와의 오차는 9.15㎡(0.42%)로 1% 미만의 매우 높은 정확도를 보여 주고 있다. 하지만 지적공부 상 등록면적을 기준으로 항공타겟을 이용한 성과와의 차이는 44.8㎡(2.08%), 수치도화 성과와의 차이는 35.85㎡(1.63%)의 결과를 보였다. 이는 창원지역의 경우와 비교하면 면적오차가 상당히 감소한 결과임을 알 수 있다. 그 이유는 수원의 필지 형태가 그림 5에서 보는 바와 같이 창원의 필지와 비교하여 필지의 형상 자체가 상대적으로 정형화 된 모습으로 단순하여 항공영상에서 경계추출 자체가 용이하기 때문이다. 또 다른 한 이유는 수원지역의 영상의 GSD가 5cm로, 창원지

TABLE 7. Comparison of parcel areas with different methods in Changwon (unit : ㎡)

Parcel	Methods Terrestrial surveying (A)	Vectorizing with aerial target (B)	Digital stereo plotting (C)	Registered area (D)	Tolerance limit*)	Area differences (error percentage)		
						(B)-(A)	(C)-(A)	(D)-(A)
60 (Paddy)	1968.91	1968.21	1971.46	2040.00	36.64	-0.7 (0.04 %)	2.55 (0.13%)	71.09 (3.60%)
72 (Paddy)	917.60	917.77	911.37	1140.00	27.39	0.17 (0.02%)	-6.23 (0.68%)	222.4 (24.23%)

\*) Calculated with the registered area.

TABLE 8. Comparison of parcel areas with different methods in Suwon (unit :  $m^2$ )

Parcel	Methods			Registered area (D)	Tolerance limit <sup>*</sup>	Area differences (error percentage)		
	Terrestrial surveying (A)	Vectorizing with aerial target (B)	Digital stereo plotting (C)			(B)-(A)	(C)-(A)	(D)-(A)
365-3 (Paddy)	2157.10	2157.22	2166.15	2202.00	38.07	0.12 (0.01%)	9.05 (0.42%)	44.9 (2.08%)

<sup>\*</sup>) Calculated with the registered area.

역의 영상의 GSD 8cm보다 약간 높기 때문인 것으로 판단된다.

이 결과 역시 창원의 경우와 마찬가지로 현행 관련 법령에서 규정한 오차허용 면적인  $38.07m^2$ 를 기준으로 비교 분석하면 다음과 같다. 첫째, 현황측량 성과를 기준으로 하면 항공타겟 및 수치도화 성과 둘 다 허용범위를 충분히 만족하는 결과를 얻을 수 있다. 둘째, 지적공부 상 등록면적을 기준으로 하면 수치도화에 의한 면적오차( $36m^2$ )는 허용범위 내에 있으나, 항공타겟과 현황측량에 의한 면적오차( $45m^2$ )는 허용범위를 근소하게 초과하고 있다.

이러한 오차의 원인은 창원의 경우와 마찬가지로 매년 필지의 이용 현황이 다르고 계절적 및 시간적 변화에 따른 필지 형태의 변화에 따른 경계의 변동으로 판단된다. 따라서 이러한

경계의 변화를 확인하고자 항공사진측량이 실시된 시기로부터 1년 5개월이 흐른 2014년 4월 연구대상지 내의 동일 필지의 경계점을 대상으로 재측량을 실시하였다. 항공사진촬영당시에 취득한 현황측량 성과를 그림 6과 같이 현지에서 복원측량을 통해 동일 지점을 확인하고 재측량한 결과 대부분의 필지 경계점에서 경계변동의 차이를 확인할 수 있었다.

재측량 당시 명확한 필지 경계점 선정의 어려움으로 인하여 모든 필지경계점을 측량하여 전체 면적의 변화는 계산이 불가능하였으나 짧은 경과 기간에도 불구하고 확인한 필지 경계의 변동을 파악할 수 있었다. 항공사진측량에 의해 취득된 영상과 항공타겟을 통한 성과는 촬영 당시의 대규모 지역 필지 현황을 정성적·정량적으로 기록할 수 있으므로 시계열적으로 변화되는 필지의 현황을 파악하는데 효율



FIGURE 6. Resurveying for verifying the boundary change

적인 방안이 될 수 있을 것으로 판단된다.

## 결론

본 연구는 고해상도 항공영상을 이용하여 현실경계와 부합하는 농경지역의 신속한 필지경계설정 방안을 제시하고자 두 대상지역을 선정하여 지상측량에 의한 필지경계점의 좌표와 면적을 기준으로 정사영상에서 항공타겟을 추출한 결과 및 항공영상을 수치 도화한 결과의 정확도를 상호 비교하였다. 연구에 사용된 항공영상은 창원지역은 ADS80 카메라로 GSD 8cm로, 수원지역은 DMCI 카메라로 GSD 5cm로 취득하였다. 연구결과 다음과 같은 결론을 도출할 수 있었다.

첫째, 현황측량성과를 기준으로 고해상도 정사항공영상에서 항공타겟을 이용하여 추출한 총 58개의 모든 필지경계점에 대한 연결교차의 표준편차 4cm 미만의 성과를 얻을 수 있었다. 이는 현행 지적측량 시행규칙에서 정한 허용오차인 36cm의 기준을 충분히 만족하는 결과이다. 또한, 지적제조사에 관한 특별법 시행규칙의 경계점 결정기준  $\pm 0.07m$ 에는 단지 한 점만이 0.004m로 아주 근소하게 허용범위를 초과하고 있는 것을 알 수 있었다. 따라서 항공타겟을 이용한 방법은 매우 높은 정확도로 농경지의 필지경계 설정이 가능한 아주 유용한 방법임을 알 수 있었다.

둘째, GSD 5cm로 촬영된 영상을 이용한 경우 연결교차의 표준편차는 0.027m이었으며, GSD 8cm로 촬영된 영상에 의한 결과인 0.039m보다 경계점 추출의 정확도가 약간 향상되었다. 따라서 항공영상을 이용한 경계 추출의 정확도는 영상의 해상도에 직접 비례하여 증가하지는 않고 있음을 알 수 있었다.

셋째, 항공영상에 의한 필지면적 결정의 정확도 분석에서는 현황측량 성과를 기준으로 수치도화 성과에 의한 면적오차는 1%이하로 가능하며, 항공타겟을 이용하는 경우에는 오차가 극히 미소한 0.1% 미만으로 면적결정이 가능함을 알 수 있었다. 하지만 지적공부 상 등록면적

을 기준으로 하면 면적오차는 항공영상을 이용한 성과와 현실경계를 반영하는 현황측량의 성과는 지역에 따라 허용범위를 근소하게 또는 크게 벗어나는 결과가 나타났다. 이는 다양한 원인에 의한 필지 형태와 경계가 지속적으로 변화되어 지적불부합 필지가 생성된 것으로 판단된다. 따라서 도해지역에서 지적공부 상 등록면적을 기준으로 항공영상을 이용한 경계추출의 결과 비교는 큰 의미가 없음을 알 수 있었다.

넷째, 농경지 필지는 짧은 경과 기간에도 불구하고 필지 경계의 변동이 발생하므로 항공영상은 시계열적으로 변화되는 필지의 현황을 파악하는데 효율적인 방안임을 알 수 있었다.

향후 다양한 지역에 대하여 상이한 기종의 카메라와 GSD로 촬영하여 농경지 필지경계 설정에 관한 지속적인 연구와 실험으로 더욱 보편적인 결과의 도출이 필요하다. 아울러 항공사진 촬영은 넓은 지역을 대상으로 이루어지기 때문에 다량의 항공타겟 설치방안과 이에 따른 경제성 분석에 대한 연구가 수행되어야 한다. 그리고 도심지의 지적경계 추출은 농경지와 달리 항공타겟의 설치가 불가능하므로 건물 담장이나 지붕 등에 용이하게 탈부착이 가능한 표지용 스티커의 활용방안의 검토가 필요하다.

**KAGIS**

## REFERENCES

- Chung, Y.J. 2015. A study on extraction of croplands located nearby coastal areas using high-resolution satellite imagery and LiDAR data. Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies 18(1):170-181 (정운재. 2015. 고해상도 위성영상과 LiDAR 자료를 활용한 해안지역에 인접한 농경지 추출에 관한 연구. 한국지리정보학회지 18(1):170-181).
- Chung, Y.J., H.C. Park and M.H. Jo. 2012. A study on 3-D river boundary

- using the spatial information datasets. *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies* 15(1): 87-98 (정윤재, 박현철, 조명희. 2012. 공간정보를 이용한 하천 경계선 매핑에 관한 연구. *한국지리정보학회지* 5(1):87-98).
- Jang, S.J. 2010. A study on effective management and application methods of cadastral survey data. Master Thesis, Kyonggi University, Suwon, Korea. 1pp (장성재. 2010. 지적측량 자료의 효율적 관리 및 활용에 관한 연구. *경기대학교 대학원 석사학위논문*. 1쪽).
- Kim, J. 2007. A study on boundary establishment plan according to boundary dispute in land survey project. *Journal of Korea Cadastral Survey Corporation* 37(1):23-40 (김진. 2007. 토지조사사업 경계분쟁에 따른 경계설정 방안 연구. *지적* 37(1):23-40).
- Kim, J.M. 2010. A study on a parcel boundary establishment : Focused on aerial photogrammetry. Ph.D. Thesis, Mokpo National University, Mokpo, Korea (김정민. 2010. 필지경계설정에 관한 연구 : 항공사진측량을 중심으로. *목포대학교 대학원 박사학위논문*).
- Kim, S.J. and I.S. Lee. 2008. Boundary extraction of ground using digital plotting. *Cadastral Research Institute Research Report* (김수정, 이인수. 2008. 수치도화에 의한 지상경계 취득연구. *대한지적공사 연구보고서*).
- Kwak, I.S. 2011. A comparative analysis on the accuracy of land demarcation. Ph.D Thesis, University of Seoul, Korea (곽인선. 2011. 토지경계 설정의 정확도 비교 분석. *서울시립대학교 대학원 박사학위논문*).
- Lee, J.O., S.B. Lee, I.S. Lee and B.Y. Yun. 2010. Extraction of cadastre information using digital stereoplotting of high-resolution aerial images. *Journal of Cadastre* 40(2):61-75 (이재원, 이승복, 이인수, 윤부열. 2010. 고해상 항공영상의 수치도화에 의한 지적경계 추출. *지적* 40(2):61-75).
- Lee, S.B. 2010. Production of continuous cadastral map with digital camera image. Master Thesis, Dong-A University, Busan, Korea (이승복. 2010. 디지털 항공영상을 이용한 연속지적도 작성에 관한 연구. *동아대학교 대학원 석사학위논문*).
- Markelin, M. 2013. Radiometric calibration, validation and correction of multispectral photogrammetric image. Ph.D. Thesis, Aalto University School of Engineering, Espoo, Finland.
- MLTM(Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs). 2011a. A study on the cadastre renovation infrastructure development: application proposals for cadastral surveying using aerial photos (국토해양부. 2011a. 지적재조사 기반조성 연구: 항공사진측량을 이용한 지적측량 적용 방안).
- MLTM(Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs). 2011b. A study on the cadastre renovation infrastructure development: accuracy standard for cadastral surveying according to cadastral resurvey (국토해양부. 2011b. 지적재조사 기반조성 연구: 지적재조사에 따른 지적측량 정확도 기준연구).
- MLTM(Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs). 2011c. A study on the cadastre renovation infrastructure

- development: a cost reduction plan for cadastre resurvey (국토해양부. 2011c. 지적재조사 기반조성 연구: 지적재조사 비용 절감 방안).
- Neumann, K. 2011. The Z/I DMCII: imaging revolution. In: Photogrammetric Week 2011 (Fritsch, D. ed.). Wichmann Verlag, Heidelberg, Germany, pp.97-101.
- Park, C.Y. 2013. Accuracy analysis of parcel demarcation using high resolution aerial images in combination with airborne LiDAR data. Ph.D. Thesis. Dong-A University. Korea (박치영. 2013. 고해상도 항공영상과 항공 LiDAR 자료를 이용한 필지경계 설정 정확도 분석. 동아대학교 대학원 박사학위논문).
- Park, C.Y. and J.O. Lee. 2015. Parcel boundary demarcation in residential area using high resolution aerial images. Journal of Korea Spatial Information Society 23(1):59-68 (박치영, 이재원. 2015. 고해상도 항공영상을 이용한 주거지역 필지경계 설정에 관한 연구. 한국공간정보학회지 23(1):59-68).
- Park, S.K., J. Kim, K.J. Lee and M.H. Jo. 2013. Analysis of land use change within four major river areas using high-resolution air-photographs: the case of the Nakdong River basin. Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies 16(4): 171-188 (박수국, 김진, 이길재, 조명희. 2013. 고해상도 항공사진을 이용한 4대강 하천구역 내 토지이용변화 분석 - 낙동강 유역을 사례로. 한국지리정보학회지 16(4): 171-188).
- Wagner, R. 2011. Leica ADS80 and Leica Xpro: a total solution for photogrammetric mapping. In: Photogrammetric Week 2011 (Fritsch, D. ed.). Wichmann Verlag, Heidelberg, Germany, pp.79-87.