

# 고해상도 항공영상을 이용한 주거지역 필지경계 설정에 관한 연구

## Parcel Boundary Demarcation in Residential Area Using High Resolution Aerial Images

박치영\* · 이재원\*\*

Chiyoung Park · Jaecne Lee

**요약** 최근 지적공부상의 다양한 오류를 재정비하여 스마트 지적으로의 도약을 위한 노력의 일환으로 지적재조사사업이 수행되고 있다. 이에 부응하여 본 연구에서는 일반 주거지역을 대상으로 GSD 5cm의 고해상도 항공영상을 활용하여 지상현황과 부합하는 영상기반의 신속한 필지경계 설정방안을 제시하고자 한다. 이의 적용가능성과 정확도를 검토하기 위하여 두 지역을 연구 대상으로 선정하여 지적현황측량 성과와 지적공부상 필지면적을 기준으로 수치도화에 의해 추출된 필지경계점 및 면적의 정확도를 비교 분석하였다. 연구결과 수치도화 방법에 의한 필지경계점 분석의 경우 연구대상지역 모두 「지적측량 시행규칙」에 따른 연결교차의 기준은 만족하였으나 보다 엄격한 기준이 적용된 「지적재조사에 관한 특별법」의 결정 기준  $\pm 0.07m$ 에는 모두 벗어나는 결과로 확인되었다. 그리고 면적 분석 결과 허용오차의 범위를 벗어나는 필지가 제천(A 지역)의 경우 총 70개 필지 중 15개로 약 20%, 그리고 수원(B 지역)의 경우 총 19개 필지 중 2개로 약 10%의 비율에 해당된다. 면적 정확도의 허용범위를 벗어나는 필지는 대부분 건물의 지붕이나 처마에 의한 폐색현상과 지상의 경계에 존재하는 수목과 같은 장애물의 영향, 그리고 인공구조물이나 자연적인 지물이 없어 경계의 기준이 모호하여 영상에서 인식이 불가능한 경우임을 알 수 있었다. 따라서 이러한 유형들의 필지경계 설정을 위한 해결책으로 표지용 스티커의 활용방안을 제시하였다.

**키워드** : 고해상도 항공영상, 수치도화, 필지경계 설정, 표지용 스티커

**Abstract** As part of an effort to leap smart cadastre system by doing rearrangement of various mismatches in the land register, the cadastre renovation project is being recently conducted. In response to this demand, this paper proposes an image-based rapid parcel boundary demarcation plan using the high resolution aerial image with a GSD (Ground Sample Distance) of 5cm that matches to real ground boundary situation in residential area. To review the feasibility and accuracy of this proposed methodology, we compared the accuracy of parcel boundary point and parcel area extracted from the digital stereo plotting on the basis of results of cadastral boundary surveying and land register over the selected two test areas. The comparative accuracy result of all boundary points by digital stereo plotting is satisfied with accuracy requirement according to the criteria of the enforcement regulation of cadastral surveying, whereas it exceeded allowable error of  $\pm 0.07m$ , more strictly specified in the Special Act on Cadastral Renovation. And about 20% of the total 70 parcels extracted by digital plotting are out of area tolerance in Jecheon study area, and 10% of the total 19 parcels in Suwon study area. The parcels exceeding accuracy limit are mostly due to the occlusion caused by building roof or eaves, and the obstacles such as trees existing on the boundary. Furthermore, an object identification is impossible in image because of vague boundary reference in case of nonexistence of man-made structures or natural features. Therefore, the utilization of boundary identification stickers is recommended as a solution for these types of land parcel.

**Keywords** : High-Resolution Aerial Image, Digital Stereo Plotting, Parcel Boundary Demarcation, Marking Sticker

### 1. 서 론

지적정보는 국토이용현황의 파악, 토지등록 및 도

시계획 등 국가 토지행정의 근간이자 국민재산권과 결부되는 중요한 자료이다. 아울러 지적정보의 핵심 요소인 개별필지에 대한 위치, 경계 및 면적등록의 기

† This research was supported by General Researcher Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by Development and Application of Analysis Methods for Radiometric and Spatial Resolution of Aerial Digital Camera (2014-0328).

\* Chiyoung Park, Doctor of Engineering, Dept. of Civil Engineering, Dong-A University. lovejopok@nate.com

\*\* Jaecne Lee, Associate Professor, Dept. of Civil Engineering, Dong-A University. leejo@dau.ac.kr (Corresponding Author)

준이 되는 지적도면은 정확성과 신뢰성이 최우선시 되어야 한다. 하지만 현재의 지적도면은 여전히 과거 도해지적으로부터 발생하는 다양한 오류를 내포하고 있다. 특히, 지적도면상에 표시된 필지경계는 좌표계의 이원화, 축척의 불일치 및 도곽접합 문제 등으로 유발된 불부합지로 인하여 정확도가 매우 미흡한 실정이다.

1980년대 이후 지적정보의 갱신을 위한 관련 기관의 지속적인 개선노력에도 불구하고 지적도면의 정확도 개선사업은 여전히 간헐적이고 국소적으로 시행되어 전 국토를 대상으로 하는 전반적인 갱신작업은 이루어지지 못하고 있는 실정이다. 따라서 정부는 2011년 지적재조사에 관한 특별법을 제정하여 토지의 실제 현황과 불일치하는 지적공부 등록사항을 일제히 재정비하고 디지털 지적으로의 전환을 위하여 지적재조사 사업을 시행하고 있다. 2012년부터 본격적으로 시행된 이 사업은 2030년까지 수행되는 장기 국책 프로젝트이다. 본 사업을 성공적으로 수행하기 위하여 관련 기관에서는 범국가적 차원에서 정책, 제도 및 기술 분야 등 다양한 연구와 실험을 진행 중에 있다 [12,14]. 본 연구에서는 지적재조사사업을 위한 신기술 활용차원에서 최신 항공 디지털카메라에 의해 촬영된 고해상도 영상을 이용하여 주거지역을 대상으로 필지경계 설정작업을 수행하고 결과 정확도를 분석하여 지적측량에의 적용 가능성을 모색하였다.

항공사진을 이용한 경계결정은 2000년대 이전에는 주로 아프리카나 개발도상국들에서 아날로그 사진으로 정사항공사진을 제작하여 디지털이징 기법으로 대규모 농경지나 주택지의 분할에 적용하였다[6,8,11,17]. 하지만 2000년대 초반부터 개발되기 시작한 항공사진 측량용 디지털카메라의 상용화로 인하여 디지털 항공영상을 이용한 경계결정에 관한 연구가 활발해지고 있다. 초기 디지털 항공영상은 지상해상도(GSD: Ground Sample Distance)가 10~15cm 내외로 연속지적도의 수정 갱신작업[10,15]과 경지정리가 이루어진 농경지의 추출이나[7] 임야지역의 경계설정[3] 등에 활용하는 연구수행에 많이 이용되었다.

디지털 항공영상을 이용하여 직접 주거지역의 경계 결정에 관한 연구는 주로 정사영상을 제작하여 스캔된 디지털이징 기법으로 담장 경계를 추출[5]하거나 입체시 영상에서 작업자가 직접 경계를 도화한 결과를 이용하여 수행되고 있다[3,4,9]. 이들 연구결과 대부분 항공영상에 의한 수치도화 기법은 축척 1:1000 주거지역의 경우 허용오차 이내로 기존방법에 비해 경제적으로 경계추출이 가능함을 밝히고 있다[3,4,7].

하지만 지형과 지적간의 경계기준이 상이하고 정사사진 제작의 오류와 기준점 문제, 데이터 취득 시기 및 도화사의 역량차이 등 다양한 요인으로 오차가 발생하는 문제를 지적하고 있다[9]. 또한 건물의 경우에는 판독의 어려움에 따른 세부도화가 곤란하여 지상측량을 보조방법으로 하는 병행법을 채택하도록 권장하고 있다[4].

상기의 대부분의 연구들은 주로 GSD 10cm 이하의 영상을 이용하여 지상측량의 결과를 기준으로 영상에 의한 필지경계점의 정확도 비교분석에 초점을 두고 있다. 하지만 대규모 지역에 대하여 신속 정확하게 필지면적의 증감여부를 파악하기 위해서는 지상측량을 수행하지 않고 직접 입체시 항공영상에서 수치도화한 성과를 공부상 등록된 면적과 비교하여야 한다. 따라서 본 연구에서는 GSD 5cm의 초고해상도 항공영상을 이용하여 주택밀집 지역에서의 다양한 필지의 경계점을 추출하여 면적산출을 수행하여 공부상 면적과 비교하여 정확도를 분석하였다. 아울러 필지의 유형별 오차 발생의 원인과 크기를 분석하여 이의 해결방안으로 영상판독용 경계점 표시와 스티커의 활용방안을 제시하고자 한다.

## 2. 항공용 디지털 카메라

### 2.1 개발 현황

항공사진측량용 디지털 카메라는 2000년대 초반 처음 상용화 된 이래로 급속도로 발전하고 있다. 초창기 개발된 항공용 디지털 카메라는 재래식 필름 기반으로 다중의 카메라를 조합한 멀티헤드로 구성된 면형방식(area array)인 DMC(Digital Modular Camera)와 UltraCam 계열이 있으며, 인공위성의 주사방식과 동일한 선형방식(line array)을 채택한 ADS(Airborne Digital System) 계열이 대표적인 기종들이다. Table 1에는 대표적인 항공디지털 카메라인 DMC 계열의 카메라들과 ADS80 및 UltraCamX 카메라의 제원을 상호 비교한 것이다. Table 1에서 확인할 수 있듯이 DMC II 카메라는 타 기종의 카메라에 비해 상당히 높은 고도에서 촬영하는 경우에도 GSD는 동일한 10cm 영상을 획득할 수 있다[14].

### 2.2 DMC II 카메라의 특성

DMC II 카메라 기종은 DMC 후속모델로 2011년부터 상용화되어 사용되고 있다. DMC의 경우에는 네 개의 다중 카메라로 각각 촬영된 보조영상들(Sub-im-

Table 1. Comparison of Specifications between Airborne Digital Cameras

| Camera Spec.           |      | ADS80                 | UltraCamXp | DMC        | DMCII 250   |
|------------------------|------|-----------------------|------------|------------|-------------|
| Camera head            |      | Pushbroom Single-head | Multi-head | Multi-head | Multi-head  |
| Focal length           |      | 65mm                  | 100mm      | 120mm      | 112mm       |
| CCD size               | Row  | 12,000                | 17,310     | 13,824     | 16,768      |
|                        | Col. |                       | 11,310     | 7,640      | 14,016      |
| Cell size              |      | 6.5 $\mu$ m           | 6 $\mu$ m  | 12 $\mu$ m | 5.6 $\mu$ m |
| Number of CCD          | Pan  | 1                     | 9          | 4          | 1           |
|                        | MS   |                       | 4          | 4          | 4           |
| Radiometric resolution |      | 12 bits               | 12 bits    | 12 bits    | 14 bit      |
| Frame rate (second)    |      | linear sensor         | 2.0        | 2.1        | 2.3(1.7)    |
| Altitude (GSD 10cm)    |      | 1,000m                | 1,667m     | 1,000m     | 2,000m      |

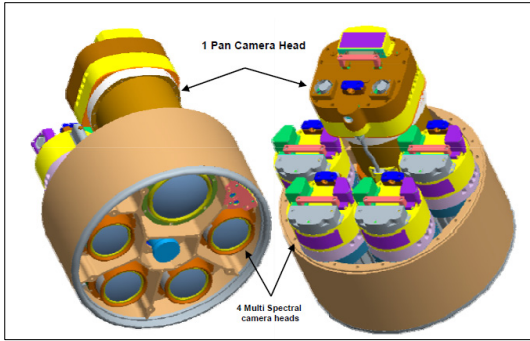


Figure 1. DMC II Camera Design

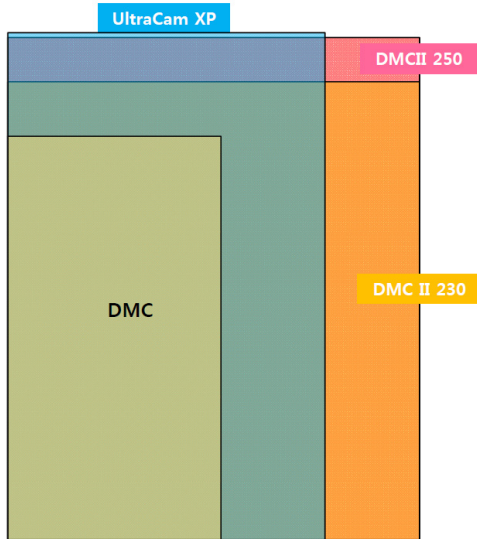


Figure 2. Comparison of CCD Size between Digital Camera

ages)을 집성과정을 거쳐 하나의 영상을 제작하였다. 반면 DMC II의 경우에는 CCD 픽셀의 크기가 대형화되어 Figure 1과 같이 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 향상되고 있다[1,13].

Figure 2는 DMC II 카메라 계열의 CCD 센서의 크기를 DMC 및 UltraCam 카메라와 비교한 것이다. DMC 카메라의 CCD 센서는 13,824 × 7,640으로 구성되어 있으며, DMC II 250 카메라는 16,768 × 14,016으로 2배 이상 키졌고 형태 역시 정방형에 가깝게 제작되었다[13,14]. 또한 영상 왜곡량의 RMSE가 0.15 $\mu$ m의 범위로 기존의 카메라에 비하여 월등히 줄어들어 영상의 정밀도가 크게 증가하였음을 입증하였다[2].

### 3. 실험 및 자료취득

#### 3.1 연구대상지

연구대상지는 두 곳을 선정하여 항공측량을 실시하였다. 한 지역은 충북 제천시 청풍면(A 지역) 일원으로 임야, 농경지 및 주거지 등이 혼재한 지형적 특성을 지니고 있다. 그리고 또 다른 한 지역은 경기도 수원시(B 지역) 일대로 주로 도심지역과 일부 농경지가 포함된 지역이다. Figure 3은 두 대상지역 별 개괄적인 지형현황을 표시한 영상이다. 본 연구의 목적이 주거지역에 대한 필지경계 설정이므로 Figure 3의 전체 지역 중 주거지만을 대상으로 다음과 같이 일부지역을 선

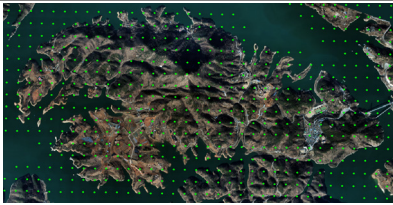

| Study area          | Geographic Overview in Images   |
|---------------------|---|
| Case-A<br>(Jecheon) |  |
| Case-B<br>(Suwon)   |  |

Figure 3. Overview of Study Area



Figure 4. Selected Residential Area (Case-A)



Figure 5. Selected Residential Area (Case-B)

정하여 실험을 수행하였다.

A 지역은 총 13개 블록에 해당하는 70개 필지를 포함하고 있으며, 본 연구에 사용된 2013년 10월 촬영 영상에서 확인한 대상지역의 현황은 Figure 4와 같다.

B 지역의 경우 총 19개 필지를 대상으로 성과비교를 실시하였으며, 2012년 12월에 촬영된 영상에서 확인한 대상지역은 Figure 5와 같다.

Table 2. Flight Parameters for Study Area

| Parameters        | Location    | Case A        | Case B        |
|-------------------|-------------|---------------|---------------|
|                   | Camera type |               | DMC II 250    |
| Photographic date |             | Oct. 10, 2013 | Dec. 01, 2011 |
| Flying height     |             | 1,000m        | 900m          |
| GSD               |             | 5cm           | 5cm           |
| Overlap           |             | P=70%         | P=80%         |
|                   |             | Q=70%         | Q=70%         |

### 3.2 항공영상 취득

두 대상지역의 항공영상은 공히 DMC II 카메라로 GSD 5cm로 촬영한 결과이다. A 연구대상지역은 섬 지역의 형태를 한 산악지역으로써 대부분 임야로 구성되어 있으나 소규모의 주거지역과 농경지역이 존재한다. 전체 면적은 약 31.2km<sup>2</sup>로 촬영고도 1,000m, 중중복도와 횡중복도를 동일한 70%로 촬영하였다. 또한 B 연구대상지역의 경우 주로 주거지역과 도로로 구성되어 있는 지역으로써 촬영 전체 면적은 약 27km<sup>2</sup>이며, 촬영고도는 900m이다. 중중복도 80%와 횡중복도 70%로 촬영을 수행하였다. 본 연구의 대상지역 별 항공사진의 촬영제원은 Table 2와 같다.

## 4. 연구방법

본 연구는 GSD 5cm의 초고해상도 항공영상을 이용하여 주택밀집 지역에서의 다양한 필지의 경계점을 추출하고 정확도를 비교하였으며, 면적산출을 수행하여 공부상 면적과의 비교를 통하여 지적분야에서 고해상도 항공영상의 활용 가능성을 확인하고자 하였다. 연구대상지역의 촬영 영상은 Match-AT 5.6 프로그램으로 AT (Aerial Triangulation) 작업을 완료 후 DPS Master 수치도화기를 이용하여 전문도화사에 의하여 지적도화 기준에 따라 도화를 실시한 후 연구를 수행하였다. 먼저 필지경계점의 경우 블록별 지적현황측량 결과와 수치도화에 의한 결과를 비교하였다. 결과의 분석은 ① 「지적측량 시행규칙」 제4절 제27조 지적측량성과의 결정에 따라 10분의 3M밀리미터(M: 축척분모)의 지적측량성과와 검사 성과의 연결교차, 그리고 ② 「지적재조사에 관한 특별법 시행규칙」 제7조 경계점에 대한 지적재조사측량성과의 결정 정확도 ±0.07m에 기준하여 수행하였다. 또한 면적분석의 경우 수치도화에 의한 면적산출 결과를 지적공부상의 면적과 비교하여 허용공차의 만족여부를 검토하였다.

허용공차의 기준은 「측량·수로조사 및 지적에 관한 법률 시행령」 제19조에서 규정한 면적오차 허용범위 산출에 관한 식 (1)에 따라 계산한 결과를 이용하였다.

$$A = 0.026^2 M \sqrt{F} \quad (1)$$

여기서, A는 허용면적, M은 축척 분모수이고, F는 대장면적이다.

필지경계점과 면적 분석의 허용공차에 대한 기준은 연구대상지인 제천시와 수원시의 경우 축척 1/1,200지역이며, 수원시는 1/500지역의 기준을 적용하였다.

## 5. 결과 및 분석

### 5.1 필지경계점 추출 정확도

#### 5.1.1 A 연구 대상지

A지역은 13개 블록의 총 47개 필지경계점에 대한 현황측량 성과와 수치도화 성과를 비교하여 현행 법률기준에 따른 연결교차의 만족여부를 검토하였다. Figure 6에 항공영상을 이용한 수치도화 결과를 나타내었다.

가옥과 가옥사이의 현황측량은 실시하지 못한 관계로 전체 블록의 외곽을 대상으로 한 필지경계점의 좌표 성과를 연구에 활용하였으며, 결과는 Table 3과 같다.

지적 현황측량 성과를 기준으로 한 연결교차 비교 결과 최대 0.356m, 최소 0.080m로 나타났다. 이 결과는 축척 1/1,200을 적용한 「지적측량 시행규칙」에 따



Figure 6. Results Comparison between Cadastral Map (white line) and Stereo Plotting (yellow line) in Case A

Table 3. Comparison of results between Terrestrial surveying and Stereo Plotting In Case A (unit: m)

| Point no. | Error                                    |        |           |
|-----------|--|--------|-----------|
|           | Terrestrial Surveying - Digital Plotting |        |           |
|           | DX                                       | DY     | Distances |
| No.1      | -0.301                                   | 0.060  | 0.307     |
| No.2      | 0.019                                    | -0.244 | 0.245     |
| No.3      | 0.232                                    | 0.270  | 0.356     |
| No.4      | -0.170                                   | -0.297 | 0.342     |
| No.5      | -0.243                                   | -0.251 | 0.349     |
| No.6      | -0.330                                   | -0.120 | 0.351     |
| No.7      | -0.026                                   | -0.281 | 0.282     |
| No.8      | 0.041                                    | -0.286 | 0.289     |
| No.9      | -0.047                                   | 0.043  | 0.064     |
| No.10     | -0.045                                   | -0.066 | 0.080     |
| No.11     | 0.041                                    | -0.091 | 0.100     |
| No.12     | 0.240                                    | -0.048 | 0.245     |
| No.13     | 0.183                                    | -0.005 | 0.183     |
|           |  |        |           |
|           |  |        |           |
|           |  |        |           |
| No.45     | -0.183                                   | 0.112  | 0.215     |
| No.46     | -0.183                                   | -0.119 | 0.218     |
| No.47     | -0.297                                   | 0.146  | 0.331     |

른 연결교차 36cm의 기준을 모두 만족하는 결과이지만, 보다 엄격한 기준이 적용된 「지적재조사에 관한 특별법 시행규칙」의 결정 기준 ±0.07m는 모두 벗어나는 결과로 확인되었다.

#### 5.1.2 B 연구 대상지

B지역은 1개 블록의 총 8개 필지경계점을 대상으로 하였고 항공영상을 이용한 수치도화 결과는 Figure 7과 같다. A지역과 마찬가지로 블록의 외곽을 대상으로 한 필지경계점의 좌표 성과를 연구에 활용하였으며, 결과는 Table 4와 같다.

지적 현황측량 성과를 기준으로 한 연결교차 비교 결과 최대 0.144m, 최소 0.078m로 나타났다. 이 결과는 축척 1/500을 적용한 「지적측량 시행규칙」에 따른 연결교차 15cm의 기준을 모두 만족하는 결과이지만, 「지적재조사에 관한 특별법 시행규칙」의 결정 기준 ±0.07m는 모두 벗어나는 결과로 확인되었다.



Figure 7. Results Comparison between Cadastral Map (white line) and Stereo Plotting(yellow line) in Case B

Table 4. Comparison of results between Terrestrial surveying and Stereo Plotting In Case B (unit: m)

| Point no. | Error                                    |       |           |
|-----------|--|-------|-----------|
|           | Terrestrial Surveying - Digital Plotting |       |           |
|           | DX                                       | DY    | Distances |
| No.1      | 0.010                                    | 0.082 | 0.083     |
| No.2      | 0.038                                    | 0.100 | 0.107     |
| No.3      | -0.077                                   | 0.122 | 0.144     |
| No.4      | -0.024                                   | 0.074 | 0.078     |
| No.5      | 0.015                                    | 0.125 | 0.126     |
| No.6      | 0.099                                    | 0.055 | 0.113     |
| No.7      | 0.014                                    | 0.109 | 0.110     |
| No.8      | -0.047                                   | 0.074 | 0.088     |

## 5.2 필지면적 추출 정확도

### 5.2.1 A 연구 대상지

A 연구대상지역은 확정측량을 통한 지적 공부의 재등록이 이루어짐에 따라 공부상의 필지면적이 현황측량 성과이므로 이를 비교 기준으로 설정하였다. 연구대상인 70개 필지에 대한 지적경계 설정 기준에 따른 수치도화를 실시하여 공부상 등록면적과 비교하여 허용공차의 만족여부를 검토하였다.

전체 대상필지의 수가 너무 많은 관계로 면적비교 결과 허용공차를 벗어나는 필지들만을 대상으로 면적오

Table 5. Parcels over Tolerance (Case-A) (unit: m<sup>2</sup>)

| Parcel no. | Extracted Area    |                     | Tolerance Error | (A)-(B) |
|------------|-------------------|---------------------|-----------------|---------|
|            | Cadastral Map (A) | Stereo Plotting (B) |                 |         |
| 133-27     | 355.3             | 332.7               | 15.3            | 22.6    |
| 133-28     | 281.2             | 295.8               | 13.6            | 14.6    |
| 133-32     | 295.6             | 278.9               | 13.9            | 16.8    |
| 133-34     | 293.6             | 277.6               | 13.9            | 16.1    |
| 133-120    | 179.9             | 167.6               | 10.9            | 12.3    |
| 133-73     | 320.0             | 301.1               | 14.5            | 18.9    |
| 133-74     | 299.7             | 280.4               | 14.0            | 19.3    |
| 133-68     | 259.5             | 272.8               | 13.1            | 13.2    |
| 133-65     | 348.2             | 328.6               | 15.1            | 19.6    |
| 133-77     | 382.6             | 357.7               | 15.9            | 25.0    |
| 133-59     | 351.1             | 318.1               | 15.2            | 33.0    |
| 133-48     | 355.7             | 317.2               | 15.3            | 38.4    |
| 133-50     | 352.7             | 376.1               | 15.2            | 23.4    |
| 133-54     | 325.1             | 352.8               | 14.6            | 27.7    |
| 133-83     | 368.1             | 352.0               | 15.6            | 16.1    |

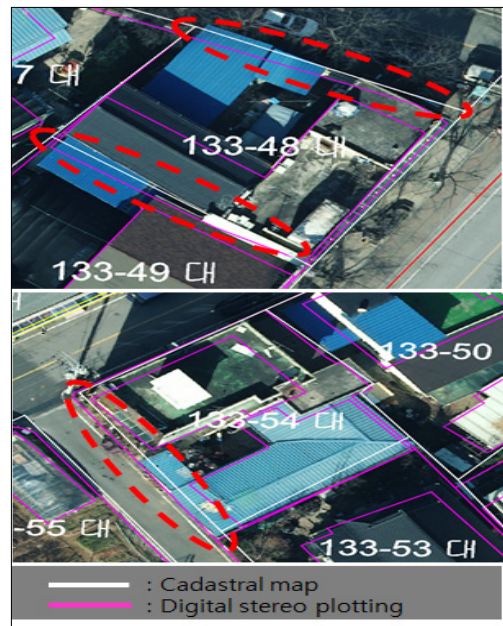


Figure 8. Example of Boundary Mismatch I

차의 크기를 Table 5에 나타내었다. 70개의 대상 필지 중 면적오차의 허용범위를 벗어나는 필지가 15개로 21%의 비율로 나타났다. 도화에 의한 결과 허용공차를 벗어나는 필지들의 면적오차의 크기는 평균 21.1m<sup>2</sup>이었으며, 필지133-48(대)에서 면적오차가 23.1m<sup>2</sup>로 허용범위를 가장 크게 벗어났다.

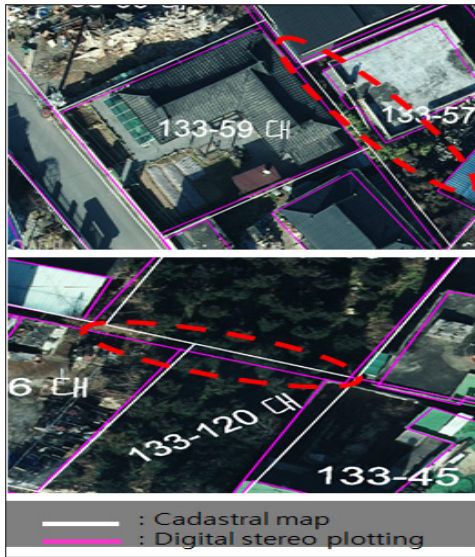


Figure 9. Example of Boundary Mismatch II

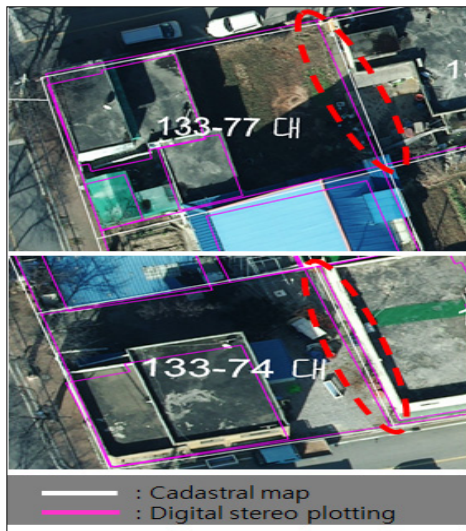


Figure 10. Example of Boundary Mismatch III

위와 같이 허용범위를 만족하지 못하는 필지의 과그 원인을 영상을 통해 분석하면 다음과 같이 크게 세 가지의 유형으로 구분할 수 있었다.

첫 번째 유형은 Figure 8과 같이 수치도화의 경우 가옥의 처마 끝을 기준으로 경계를 설정하였으나 그 끝이 인접 필지를 침범하고 있거나(상), 사유지를 넘어 공유지를 침범하고 있는 경우(하)이다. 특히 인접 필지와 복잡하게 구조물이 형성 되어 있는 경우 혹은 구조물의 지붕이 처마형태로 되어있는 경우에는 항공 영상으로 명확한 경계의 판독이 불가능하였다.

두 번째 유형은 Figure 9와 같이 필지와 필지 사이에 나무와 같은 지장물로 인해 명확한 경계를 확정하기 힘든 지역이다. 이와 같은 유형은 도화 시 인접 필지에 담장과 같은 인공구조물이 존재할 경우 이를 기준으로 경계선을 연장하는 방법으로 도화를 실시하였다.

필지 간의 경계에 인공 및 자연구조물이 존재하더라도 나무와 같은 지물에 가려져 영상에서의 판독이 불가능한 경우에는 명확한 경계 설정에 어려움이 따른다.

세 번째 유형은 Figure 10에서와 같이 필지와 필지 사이에 경계를 구분할 만한 인공 및 자연구조물이 존재하지 않는 경우이다. 본 연구에서는 인접 필지의 가옥 외벽이나 두 번째 유형과 같이 경계선의 연장 또는 도화사의 주관적 판단에 의해 경계를 설정하였으나 일관성 부족과 경계기준 설정이 모호하여 허용범위를 만족하지 않는 결과로 나타났다.

### 5.2.2 B 연구 대상지

주거지역의 두 번째 지역으로 지상해상도 5cm로 촬영된 B연구대상필지의 지적도상 등록면적과 수치도화 성과를 비교하였다. A연구대상지역의 경우와 마찬가지로 지적경계 설정 기준에 따라 동일한 지목의 19개 필지를 수치도화와 지적도 등록면적과 비교하였다.

전체 필지의 면적 비교 결과는 Table 6과 같고 19개 대상 필지 중 면적오차 허용범위를 벗어나는 필지(필지번호 989, 989-15)가 2개로 10%의 비율로 나타났다.

Table 6. Comparison of Parcel Area (Case B) (unit: m<sup>2</sup>)

| Parcel no. | Extracted Area    |                     | Tolerance Error | (A)-(B) |
|------------|-------------------|---------------------|-----------------|---------|
|            | Cadastral Map (A) | Stereo Plotting (B) |                 |         |
| 989        | 346.1             | 356.8               | 6.3             | 10.7    |
| 989-2      | 156.7             | 160.9               | 4.2             | 4.2     |
| 989-3      | 179.5             | 179.4               | 4.5             | 0.1     |
| 989-4      | 180.1             | 179.8               | 4.5             | 0.3     |
| 989-5      | 179.7             | 178.4               | 4.5             | 1.3     |
| 989-6      | 269.1             | 264.7               | 5.5             | 4.4     |
| 989-7      | 316.2             | 314.5               | 6.0             | 1.7     |
| 989-8      | 138.9             | 139.2               | 4.0             | 0.3     |
| 989-9      | 220.4             | 222.8               | 5.0             | 2.4     |
| 989-10     | 156.6             | 159.2               | 4.2             | 2.6     |
| 989-11     | 180.9             | 176.5               | 4.5             | 4.4     |
| 989-13     | 156.9             | 156.8               | 4.2             | 0.1     |
| 989-15     | 165.3             | 154.8               | 4.3             | 10.5    |
| 989-16     | 165.1             | 166.3               | 4.3             | 1.2     |
| 989-17     | 165.0             | 167.1               | 4.3             | 2.1     |
| 989-18     | 165.1             | 162.8               | 4.3             | 2.3     |
| 989-19     | 165.0             | 166.1               | 4.3             | 1.1     |
| 989-20     | 156.7             | 156.0               | 4.2             | 0.7     |
| 989-21     | 133.3             | 132.6               | 3.9             | 0.7     |

위와 같이 A와 B주거지역의 분석 결과 5cm 급 고해상도 영상의 수치도화를 이용한 방법은 등록면적과 비교하여 전체 필지 중 약 80~90%를 만족하는 결과로 나타났으며, 이는 지상해상도가 높음에 따라 도로와 인도를 구분하는 경계선의 판독이 용이하고 주거지역의 담장과 같은 인공구조물의 인식률 또한 높음에서 비롯된다.

### 5.3 영상판독용 스티커 활용제한

주거지역의 수치도화에 의한 경계 판독 불가능지역은 지상측량을 실시하는 경우에도 동일한 어려움에 처하게 된다. 그 중 가장 빈번하게 발생하는 문제는 기계점과 관측점 사이에 장애물이 존재함에 따라 정확한 시준과 측정이 불가능하게 되는 경우이다. 또한 측량장비에 따른 문제도 발생한다. 수신기 및 프리즘 두께에 따른 오차의 발생으로써 건물 외벽이나 담장 등의 중앙에 정확히 밀착할 수 없기 때문에 발생하는 오차의 문제이다[4].

또한 인공구조물에 의한 경계설정에는 큰 차이가 발생하지 않으나 자연경계의 관측점에 대해서는 측량자의 경험과 노하우에 따라 차이가 발생하게 된다. 결국 일관된 경계 구분이 이루어지지 않게 되므로 측량 자체의 신뢰성에도 문제가 발생한다[14]. 따라서 본 연구에서는 5.2.1에서 설명한 영상 판독이 불가능한 지역과 지상측량의 문제를 해결하기 위하여 Figure 11과 같은 영상판독용 부착형 스티커의 사용을 제안한다. 이러한 경계점 표시스티커를 주위의 지형현황과 명암을 고려하여 가장 적합한 색상을 선정 후 바닥과 지붕의 경계에 부착하여 영상에서 인식하게 되면 매

우 효율적인 경계설정이 가능하다. 스티커의 크기는 고해상도 영상의 인식률을 고려하면 직경 10cm 정도의 크기이면 충분하며, 쉽게 제작이 가능하다.

### 5.4 고찰

지상해상도 5cm의 항공영상으로 두 지역의 주거지를 연구대상지로 선택하여 각 필지의 경계점과 면적을 상호 비교하고 현행 규정에 의한 허용오차 범위의 만족여부를 확인하였다. 그 결과 A지역 13개 블록의 총 47개 필지경계점에 대한 현황측량 성과와 수치도화 성과를 비교한 결과 「지적측량 시행규칙」에 따른 연결교차 36cm의 기준은 모두 만족하였으나, 보다 엄격한 기준이 적용된 「지적재조사에 관한 특별법 시행규칙」의 결정 기준  $\pm 0.07m$ 는 모두 벗어나는 결과로 확인되었다. 또한 70개 필지에 대하여 확정측량 결과에 따라 지적공부에 등록된 대상지역의 면적과 수치도화를 통해 취득된 필지면적의 비교 결과는 15개 필지, 약 20%의 필지에서 허용오차를 만족하지 못하는 결과를 도출하였다. 그리고 B지역 총 8개의 필지경계점에 대한 분석결과 「지적측량 시행규칙」에 따른 연결교차 15cm의 기준은 모두 만족하였으나, 「지적재조사에 관한 특별법 시행규칙」의 결정 기준  $\pm 0.07m$ 는 모두 벗어나는 결과로 확인되었다. 19개 필지의 등록면적과 수치도화 성과를 비교한 결과 2개 필지, 약 10%의 필지에서 허용오차를 만족하지 못하는 것으로 분석되었고 그 유형은 A지역과 유사하였다.

허용오차를 초과하는 필지의 원인과 유형을 분석해 본 결과 첫째, 가옥 지붕의 형태가 처마로 이루어진 필지에서 그 끝이 인접 필지를 침범하고 있거나 사유지를 넘어 공유지를 침범하고 있는 경우이다. 둘째, 필지와 필지 사이에 나무 등과 같은 지장물로 인해 명확한 경계를 확정하기 힘든 경우이다. 셋째, 필지와 필지사이에 경계를 구분할만한 인공 및 자연구조물이 존재하지 않는 경우의 크게 세 가지 유형으로 구분되었다.

한편 주거지역은 그 형태가 복잡 다양하고 경계의 구분이 명확하지 않은 경우가 다수 존재하기 때문에 현장측량 시에도 많은 시간과 인력의 투입을 필요로 한다. 따라서 현황을 기반으로 하는 주거지역의 경계 설정을 위해서는 우선 지상경계가 불명확한 지역에 영상판독용 스티커를 설치하고 정확도 검증용 거친 영상으로 수치도화를 실시하여 등록면적과 비교하여 허용오차의 만족여부를 확인한다. 하지만 영상만으로는 모든 경계를 인식할 수 없으므로 지상의 현황과 인

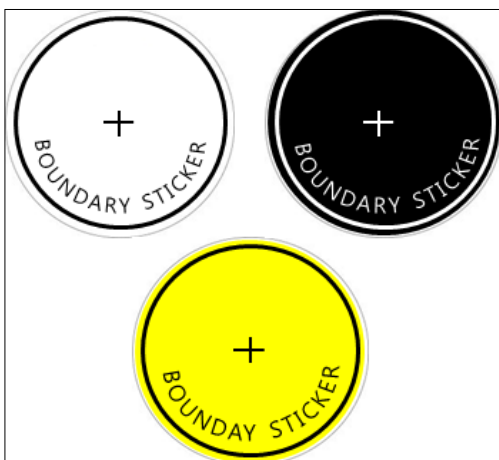


Figure 11. Stickers for Boundary Identification



접필지와의 상황을 고려하여 일부 필지에 대해서는 지적측량을 병행하는 방법이 현실적일 것으로 판단된다.

본 연구를 통해 전반적으로 지상해상도 5cm급 고해상도 영상의 주거지역 경계설정을 위한 적용가능성을 입증할 수 있었다. 본 연구에서 제시된 방법은 향후 지적재조사 사업을 비롯한 다양한 토지경계를 설정하는데 크게 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

## 6. 결론 및 향후연구

본 연구에서는 고해상도 항공영상을 수치도화 하여 주거지역을 대상으로 필지경계 설정의 정확도를 분석한 결과 다음과 같은 결론을 도출하였다.

첫째, GSD 5cm의 항공영상으로 수치도화 성과에 의한 필지경계점 좌표와 현황측량 좌표성적을 비교한 결과 A지역 47개, B지역 8개 모두 「지적측량 시행규칙」에 따른 연결교차의 기준은 모두 만족하였으나, 「지적재조사에 관한 특별법 시행규칙」의 결정 기준  $\pm 0.07m$ 는 모두 벗어나는 결과로 확인되었다.

둘째, 수치도화 성과에 의한 면적과 등록면적을 비교한 결과 A 대상지역은 70개 필지 중 65개 필지(약 80%), B 대상지역의 19개 필지 중 17개 필지(약 90%)가 면적 허용오차 이내로 경계설정이 가능함을 알 수 있었다. 따라서 고해상도 항공영상은 복잡한 주거지역의 경계설정에도 적용이 가능한 매우 경제적인 방법 중의 하나가 될 수 있음을 입증하였다.

셋째, 현지조사의 수행 없이 고해상도 영상만으로도 면적 허용오차의 범위를 벗어나는 주거지역 필지들에 대한 원인과 유형을 세분화하고 그 특징들을 신속히 파악할 수 있었다. 따라서 현재 전국적으로 구축된 정사항공영상을 이용하여 지적불부합지조사 및 지목분류 등 지적업무에 활용하면 현장업무량을 줄일 수 있어 지적측량업무에 크게 기여할 것으로 판단된다.

넷째, 항공영상만으로 경계설정이 불명확인 필지들에 대한 해결방안으로 손쉽고 경제적으로 제작이 가능한 영상판독용 지상부착형 스티커의 활용방안을 제시하여 고해상도 영상의 장점을 극대화 할 수 있음을 알 수 있었다.

본 연구를 통해 지상해상도 5cm급의 고해상도 항공영상의 취득이 현실화됨에 따라 복잡한 주거지역에서도 신속하고 경제적으로 필지경계 설정이 가능함을 확인하였다. 하지만 지적의 필지경계 설정은 현실 조건에 따라 그 기준이 다양하고 필지의 형태 또한 일률적이지 않기 때문에 지역현황, 계절별 및 디지털 카메라의 종류 등 세부조건 별 후속연구에 의한 추가적인

실험과 더불어 본 연구에서 제안한 지상부착형 스티커의 인식가능성을 위한 실험, 검토 및 분석이 필요할 것으로 사료된다.

## References

- [1] Honkavaara, E; Markelin, L. 2007, Radiometric Performance of Digital Image Data Collection-A Comparison of ADS40/DMC/UltraCam and Emerge DSS, Paper presented at the 51st Photogrammetric Week, Stuttgart, Germany, Spet. 3-7.
- [2] Karsten, J; Klaus, N. 2012, Property of the Large Format Digital Aerial Camera DMC II, Paper presented at the ISPRS XXIIth Congress, Melbourne, Australia, August 25 - September 1.
- [3] Kwak, I. S, 2011, A Comparative Analysis on the Accuracy of Land Demarcation, Ph.D dissertation, University of Seoul.
- [4] Kim, J. M. 2010, A Study on a Parcel Boundary Establishment - Focused on Aerial Photogrammetry, Ph. D. dissertation, Mokpo National University.
- [5] Kim, S. J. 2007, The Study on the Matching the Digital Orthophoto to Cadastral Map, Journal of Cadastre, Vol. 37, No. 1, pp.105-121.
- [6] Korea Cadastral Survey Corporation, 1990, Pilot Project for Digital Cadastral Surveying with Photogrammetry: Pocheon Scale Change Project Area, Research Report.
- [7] Lee, I. S, 2007, Boundary Extraction of Topography and Landmarks Using Stereoplotting, Journal of Cadastre, 37(2):259-285.
- [8] Lee, J. O; Yoon, J. S; Hong, S. H; Choi, J. M. 2011, Application Status and Usage Proposal of Photogrammetric Cadastral Surveying, Journal of Cadastre, 41(1):33-34.
- [9] Lee, J. O; Lee, S. B; Lee, I. S; Yun, B. Y. 2010, Extraction of Cadastre Information using Digital Stereoplotting of High-Resolution Aerial Images, Journal of Cadastre, 40(2):61-75.
- [10] Lee, S. B. 2011, Production of Continuous Cadastral Map with Digital Camera Image, Master's thesis, Dong-A University.
- [11] Marius, C. van W; 1984, Instrumentation for a Cadastral Land Information System, Paper presented at the ISPRS XVth Congress, Rio, Brazil, June

17-29.

- [12] Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, 2011, A Study on the Cadastre Renovation Infrastructure Development - Application Proposals for Cadastral Surveying using Aerial Photos.
- [13] Neumann, K. 2011, The Z/I DMCII - Imaging Revolution, Paper presented at the 53rd Photogrammetric Week, Stuttgart, Germany, Spet. 5-9.
- [14] Park, C. Y, 2013, Accuracy Analysis of Parcel Demarcation Using High Resolution Aerial Images in Combination with Airborne LiDAR Data, PhD. disseration, Donga University.
- [15] Ra, Y. H; 2004, An Accuracy Assessment in Continuous Cadastral Map Using Ortho-Image, Ph. D. dissertation, MyoungJi University, pp.2-3.
- [16] Rami, A. R; Pety, D. 2006, Photogrammetric Techniques for Cadstral Map Renewal, Paper presented at the XIII FIG Congress, Munich, Germany, Oct. 8-13.
- [17] Vinod, K. A; Kumar, G. S. 2008, Digital Photogrammetry Reaches Grass Root Levels in India, Paper presented at the XXI ISPRS Congress, Beijing, China, July 3-11.

---

Received : 2015.1.8  
Revised : 2015.2.26  
Accepted : 2015.2.27