

# A Study on the Using Drone Images in Cadastral Resurvey

Keo Bae Lim · Seoung Hun Bae · Won Hui Lee · Boeun Kim · Yeongju Yu · Jin Kim<sup>†</sup>

LX

## 지적재조사 드론 영상 활용방안 연구

임거배 · 배성훈 · 이원희 · 김보은 · 유영주 · 김진<sup>†</sup>

한국국토정보공사

At a time when the demand for drones is increasing, a plan to utilize drone images was sought for efficient promotion of cadastral resurvey. To achieve the purpose of this study, the technical and legal status of drone images was reviewed, and through this, the possibility of using it for cadastral resurvey was primarily reviewed. subsequently, an experiment was conducted targeting the project district to examine whether drone images were applied to boundary extraction, which is the primary process of cadastral resurvey. As a result of the experiment, it was found that boundary extraction from images is possible. However, in some cases, it is impossible due to field conditions or image quality. Therefore, it is necessary first to apply cases where boundary extraction is possible to cadastral resurvey and seek solutions for some impossible cases. In particular, the image quality problem may have problems with the current technology, but it will also have problems with the existing drone equipment. So, standard for drone calibration should also be established. Finally, the cadastral resurvey surveying procedure using drones was also presented

**Keywords :** Cadastral Resurvey, Drone Surveying, Boundary Extraction, Drone Calibration

### 1. 서론

최근 4차 산업혁명과 관련한 다양한 기술이 발전됨에 따라 지적재조사에 신기술 적용을 위한 움직임이 확대되고 있다. 한편, 대부분의 지적불부합지가 건물에 밀집된 시가지 지역인 경우이기 때문에 직접측량이 곤란하거나 현장측량 여건에 따라 인력과 시간적 비용이 발생한다.

이에 2021년 수정된 제3차 지적재조사 기본계획 수정계획에는 디지털지적 성과확산 목표 달성을 위해 드론 활용 확대를 통한 사업의 효율성 제고를 추진 과제로 설정한 바 있다.

드론 영상을 지적재조사에 활용하기 위해 2018년부터 실험 및 시범사업과 연구 등이 추진되었으며, 인력 절감

등을 통한 드론 활용의 효과성을 증명하는 것이 주요 내용이었다. 특히, 영상을 활용하여 현황경계 추출이 일부 가능하다는 것을 검토된 바 있으나, 도시나 농촌, 도농복합 등 사업지구 유형별로 드론 영상의 적용성에 대해 비교 분석을 체계적으로 수행되지는 않았다.

한편, 지적재조사 측량은 「지적재조사 측량규정」 제4조에 따라 드론을 포함한 항공사진측량 방법에 따라 수행할 수 있으나, 영상에서 경계를 직접 추출할 수 있는 기술적 검토나 이를 바탕으로 한 구체적인 지적재조사측량 수행 절차에 대해서는 마련되어 있지 않은 실정이다.

따라서 본 연구는 드론 영상이 지적재조사에 활용할 수 있는지 분석하고, 이를 통한 제도적·기술적 활용방안을 제시하였다. 즉, 드론 영상의 지적재조사 활용방안을 검토하기 위해 지적재조사 사업지구를 대상으로 경계추출 실험 분석을 수행하였으며, 실험결과를 토대로 경계추출 활용, 영상 품질을 위한 검정, 드론 활용에 따른 지적재조사측량

수행 절차(안)를 제시하였다.

## 2. 지적재조사 드론 영상 적용 현황

### 2.1 드론 영상 적용 기술적 현황

현대사회가 도시를 중심으로 발전함에 따라 드론으로 취득한 고품질 영상은 고층 구조물 시설점검, 안전진단, 측량 등 3차원 공간정보이면서 동시에 주기적으로 갱신되는 시계열 데이터로 수요가 확대되고 있다.

그동안 지형정보의 주기적 갱신은 고고도(高高度)에서 촬영된 항공사진과 위성영상을 활용하였으며, 광범위 영상정합으로 1m급 래스터 파일 서비스가 가능하지만, 고정밀 3D 데이터 구축에는 한계를 가지고 있었다. 소형 드론의 저고도 영상취득기술과 영상 처리 소프트웨어가 발전하면서 수 cm급의 3D 래스터 GIS 구축이 도시 중심으로 가능하다.

드론 영상의 3D 모델 생성 방식은 이미지 중심에 GNSS 좌표를 적용하고 수치표고모델과 수치표면모델, 수치지형 모델 정보를 조합하여 지형의 높이를 구하고 3차원으로 제작하는 방법과 지상에 설치된 정적좌표 이미지에 사전 측정된 지상기준점을 중심으로 드론 영상을 스테레오 합성하는 형태이다.

일반적으로 높은 정밀도 확보를 위해 후자인 지상기준점을 다량 지정하는 방식이 주로 활용되고 있다. 그러나 이 방법은 이미지와 속성정보의 품질 오차 범위가 촬영 장비 및 방법에 따라 상이하게 나타난다.

구체적으로 드론 영상의 품질을 결정하는 주요 요인으로는 위성항법(GNSS), RTK, 관성측정(IMU), 카메라 광센서 보정이 있다. 특히 3cm급의 높은 정밀도를 요구하는 지적재조사에서 위의 4가지 핵심센서 기술 요인을 주목할 필요가 있다.

### 2.2 드론 영상 적용 법·제도적 현황

현재 드론은 환경, 국방, 구조물 안전진단 등 다양한 분야에서 매우 유용한 도구로 활용되고 있다. 이에 따라 2019년 「드론 활용의 촉진 및 기반조성에 관한 법률」이 제정되면서 드론의 운영 및 관리, 관련 산업발전 기반조성 등 드론 활용 촉진과 기반조성에 관한 법적 근거가 마련되었고 관련 기술 및 산업이 급격히 발전·확대되고 있다.

드론과 관련된 법제도는 크게 드론 운영, 드론 안전, 드론 영상 관련 정보보안, 기타 측량 관련 등 4가지로 구분할 수 있다.

드론 운영 관련 대표적인 규정으로 국토지리정보원에

서 고시한 「무인비행장치 측량 작업규정」이 있다. 해당 규정은 무인비행장치의 용어 정의에서부터 사용 장비 및 성능 기준, 작업순서, 대공표지 설치 및 지상기준점 측량방법, 무인비행장치 항공사진 촬영방법, 정사영상 제작, 품질관리 및 정리점검 등 무인비행장치를 활용한 측량에 필요한 제반 사항을 포함하고 있다. 지적재조사와 드론과 관련된 제도로는 국토교통부 지적재조사기획단에서 제작한 「지적재조사 활용을 위한 드론 운영 매뉴얼」이 있다. 해당 매뉴얼은 드론에 관한 이해를 돕기 위한 관련 이론, 종류, 활용 사례, 항공촬영과의 차이점 등을 제시하고, 사전 준비사항, 촬영방법, 정사 영상 제작, 경계점 추출방법에 대하여 상세하게 설명하고 있다. 한편, 드론을 활용하여 지적재조사측량을 수행하려는 사업자는 「항공사업법」제48조에 따른 초경량비행장치 사용사업으로 등록되어 있어야 한다.

그밖에도 드론 안전에 관련된 사항은 「항공안전법」, 드론 영상 보안은 「개인정보보호법」과 「위치정보의 보호 및 이용에 관한 법률」, 「국토교통부 국가공간정보 보안관리 규정」, 「국가정보원법」 및 「보안업무규정」에 근거한 “항공사진 촬영 지침서”가 있다.

### 2.3 지적재조사 드론 영상 활용 가능성

지적재조사에 드론 영상을 활용할 수 있도록 제도화된 사항으로는 토지현황조사서 작성, 지상경계점등록부 위치도 작성, 책임수행기관의 정사영상 등록, 세계측지계 변환성과의 오차 허용범위 초과에 따른 지적불부합지 결정과 관련된 내용이 있다.

지적재조사 토지현황조사서 작성 시 드론 등으로 촬영한 정사영상 자료에 해당 토지의 점유현황 경계를 붉은색으로 표시하여 작성한 현황 사진을 토지현황조사서(현지조사서)에 포함하게 되어있으며, 지상경계점등록부의 위치도 작성 시 드론 등으로 촬영한 정사영상 자료에 확정된 경계를 붉은색으로 표시하고 경계점번호는 경계점좌표등록부의 부호 순서대로 일련번호를 부여하여야 한다고 명시되어 있다[2].

책임수행기관은 지적소관청과 사전 협의를 통해 지적재조사지구에 대해 무인항공촬영을 실시하고 정사영상 등을 지적재조사행정시스템에 등록하여 공동활용하여야 한다고 규정하고 있다[5].

「지적공부 세계측지계 변환규정」 제19조 제2항 제3호에는 세계측지계 변환성과 검증결과가 허용범위를 초과하는 경우 실시한 변환작업 재수행 결과가 다시 허용범위를 초과하는 경우 변환성과 검증자료와 현장조사, 기존 지적측량결과도, 수치지도, 정사영상 등을 종합적으로 검토하여 최종 지적불부합지로 결정해야 한다고 명시되어 있다[3].

### 3. 드론 영상을 활용한 지적재조사 경계추출 실험 및 분석

드론 영상에서 경계추출은 건물의 밀집도 등 지상의 환경에 따라 그 유형이 다양하게 나타난다. 특히, 2차원 정사영상과 3차원 입체영상은 건물의 밀집도에 따라 경계추출의 가능성 유무가 달라진다. 지적재조사지역은 크게 도심지역, 농촌지역, 도시와 농촌이 통합된 형태의 도농복합지역으로 분류할 수 있다. 따라서 본 연구는 지적재조사지역 유형별로 구분하여 드론 영상을 통한 경계추출을 하고, 그 결과에 대한 분석을 수행하였다. 지구유형별 드론 촬영정보는 <Table 1>과 같다.

<Table 1> Drone Photography Information

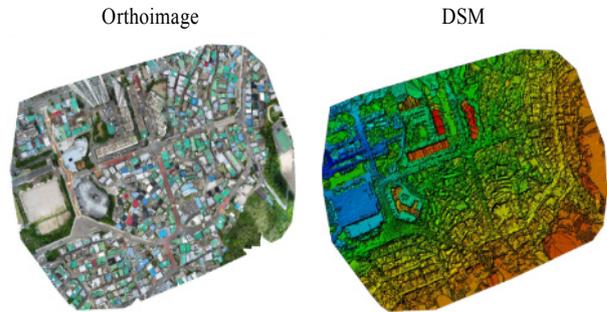
Type	District Name	Number of Parcel	Area(m <sup>2</sup> )
Urban	Busan Gamman Distrcit 1	359	32,000
Rural	Bonghwa Dongmyeon District	145	221,000
Urban-Rural Complex	Changnyeong Hapsan-Sinan District	697	266,000

#### 3.1 도심지역

도심지역의 지적재조사 사례지역으로 추진되는 부산 남구 감만동 2-11번지 일원 감만지구의 자료를 분석하였다. 감만지구는 359필지, 약 32,000m<sup>2</sup> 규모로, 급경사 지역에 더해 주변부에 고층 아파트와 전신주가 상당수 존재하여 드론 촬영이 매우 어려운 곳이다. 드론 촬영은 격자 경로로 촬영하였으며, 영상 후처리는 Pix 4D S/W를 활용하였다. 공간해상도(GSD)는 2.33cm, 지상기준점(GCP) 오차는 X=3.4cm, Y=2.9cm, Z=4.5cm로 나타났다. 평균제곱근 오차는 X=6.1cm, Y=4.5cm, Z=6.5cm의 최대오차를 나타냈다. 대부분 오차가 심하게 나타나는 것으로 볼 때 사업 대상 지구의 경사도가 14.3%(8.17°)로 경사도의 영향을 받은 것으로 판단된다. 촬영 후 취득된 정사영상은 <Figure 1>과 같으며, DSM 확인 결과 사업지구의 높이가 남서쪽 지역이 비교적 높다는 것을 알 수 있다.

DSM과 정사영상을 중첩하여 3차원 입체영상에서 경계추출을 수행하였다. 도심지역의 입체영상은 직선상의 담장이 울퉁불퉁하게 보이는 것을 확인할 수 있으며, 건물이 돌출된 추녀에 의해 아래까지 길게 늘어져 보인다. 한편, 결선이 가능할 것으로 보이는 일부 구조물도 존재하나, 높이로 인한 영상 왜곡이 발생하기 때문에 경계의 정확성 측면에서 실제 결선을 수행해야 하는 관점에서는 작업자에게 심리적 부담이 따를 수 있다. 또한, 드론 촬영원리

상 수직 방향으로 촬영하기 때문에 높이가 있는 담장이나 건물의 모습이 위아래로 길게 늘어지는 영상으로 표현되어 현장감이 떨어지게 된다.



<Figure 1> Gamman District 1 Orthoimage and DSM

또한, 정사영상에서 건물에 관한 경계를 추출할 때 태양광 전지판 등 장애물에 의해 일부 건물 모서리 점이 가려져 나머지 부분만 추출이 가능한 때도 있는 반면에 특별한 장애물 없이 완전하게 폐합된 구조로 결선이 가능한 경우도 나타났다.

한편, 결선 시 해상도에 의한 제약으로 약 5cm 정도의 오차가 발생할 수 있으며, <Figure 2>와 같이 담장이나 건물 옥상의 난간 두께를 영상에서 측정할 경우 9~12cm 거리오차를 갖는다. 즉 양 끝점에서 약 5cm의 위치오차를 포함할 수 있다.



<Figure 2> Error according to the Thickness of the Railing on the Roof of Building

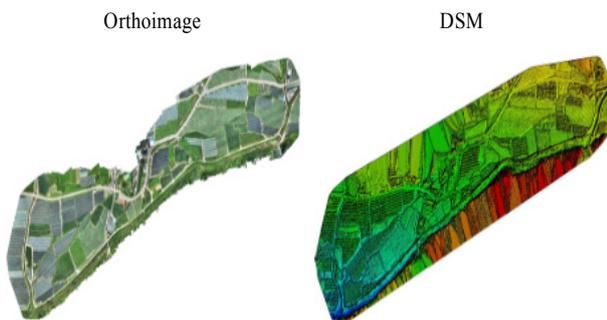
감만지구의 T/S측량 성과와 정사영상의 중첩도면을 <Figure 3>과 같이 비교한 결과 대부분의 필지가 돌출된 처마 등으로 인하여 일치하지 않는 경우가 나타났다. 담장이 기울어졌거나 구조물이 명확하게 직선상으로 되어있지 않은 경우도 나타났다.



<Figure 3> Comparison of Drone Image and T/S

### 3.2 농촌지역

농촌지역의 지적재조사 사례지역으로는 경북 봉화 재산면 동면리 1083번지 일원 동면지구의 자료를 분석하였다. 동면지구는 145필, 약 221,000㎡의 규모로 경사가 거의 없는 평탄지이며, 비닐하우스, 밭 등이 대부분이다. 지상기준점의 평균제곱근 오차는 X, Y, Z 모두 0.5cm이며, 최대오차는 X= 1.1cm, Y=1cm, Z=1.1cm 나타났다. 지상기준점의 위치정확도가 높게 나타난 이유는 대상지구의 경사도가 1.1%(0.62°)인 수준이어서 고저차가 거의 없는 평탄지라는 요인에 기인한 것으로 판단된다. (<Figure 4>)



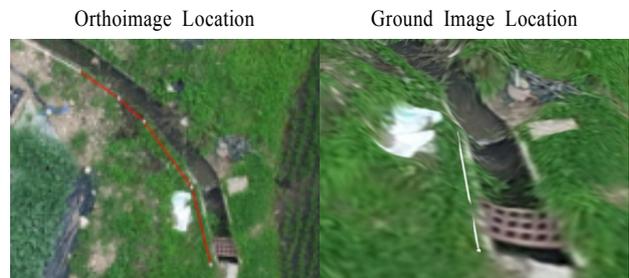
<Figure 4> Dongmyeon District Orthoimage and DSM

DSM과 정사영상을 중첩한 3차원 영상에서 경계추출을 하였다. 그런데 도심지역과 달리 농촌지역은 고저차가 그리 크지 않고 견고한 담장과 같은 구조물이 없는 대신 밭둑 등과 같은 형태이어서 정밀한 수준의 위치식별이 요구되지 않는다. 그러나 경계추출 시 바라보는 시각의 위치에 따라 정확도나 효율성이 달라질 수 있다는 점이 발견되었

다. 즉 입체영상에서 정사 위치와 지상의 위치에서 결선하는 것이 다르다.

따라서 <Figure 5>와 같이 상공위치와 지상 위치에 따른 경계추출 성과를 비교하였다. 정사영상은 경계점을 찍을 때 선과 지상의 구조물 간의 이격, 휘어짐 등을 고려하면서 적절한 위치를 연속적으로 찍을 수 있다. 그러나 지상 위치에서 결선 시 마우스로 축소, 확대, 이동을 반복함에 따라 위치를 찍을 때 오류가 발생할 수 있다. 즉 휘어지는 곳을 잘못 판단하여 직선화하는 경우가 나타난다. 또한, 작업자가 도로상에 직선으로 보여 먼 거리에서 클릭 시 지상의 적재물에 의하여 부정확한 위치로 클릭이 되는 경우가 발생한다.

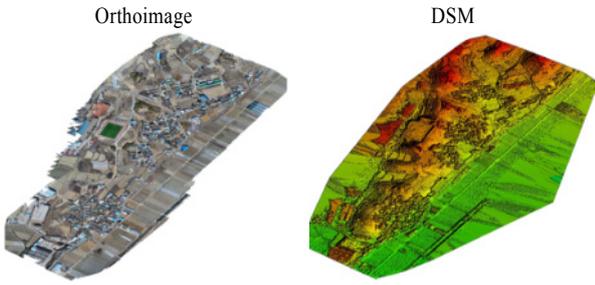
정사 위치에서는 지표면과 교차하는 각도가 90°에 가까워 오차 면적이 작지만, 지상 위치는 교차하는 각이 작아 오차 면적이 크기 때문에 위치정확도가 낮아질 수 있다. 즉, 지상 위치에서의 경계추출은 인접된 필지 간의 높낮이 구분을 할 수 있다. 따라서 정사 위치를 기준으로 경계를 추출하되 보조적으로 지상 위치로 확인하는 방법을 적용하는 것이 정확성과 효율성을 담보할 수 있다.



<Figure 5> Comparison of Boundary Extraction in Orthoimage and Ground Image Location

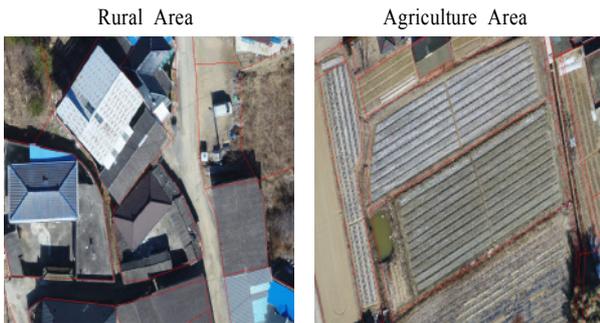
### 3.3 도농복합지역

도농복합지역의 지적재조사 사례지역으로는 경남 창원군 대합면 등지리 915-5번지 일원 합산신안지구의 자료를 분석하였다. 합산신안지구는 697필지 약 266,000㎡의 규모로 경사가 존재하며, 가옥, 농지 등이 어우러져 있는 형태이다. 지상기준점의 평균제곱근 오차는 X=1.0cm, Y=1.7cm, Z=2.2cm이며, 최대오차는 X=1.8cm, Y=3.4cm, Z=3.7cm로 나타났다. 최대오차가 약간 높게 나타난 이유는 대상지구의 경사도가 2.4%(1.41°)인 수준이어서 완만한 경사의 영향인 것으로 판단된다. 정사영상과 DSM을 관독해보면 <Figure 6>과 같이 높이가 대각선 방향으로 높이 솟아오른 구조이다.



<Figure 6> Hapsan-Sinan District Orthoimage and DSM

도농복합지역의 T/S성과의 건물 선과 드론 영상을 비교하여 보면 전체적으로 돌출된 추녀가 대부분이고, 옥상의 모서리 점과 하단의 벽면이 일치하지 않는 경우가 많다. 따라서 <Figure 7>과 같이 건물을 제외한 토지경계선을 보면 도로, 담장, 건물의 추녀를 따라 경계를 설정하였으며, 농지는 대부분 경작 선을 따라 설정하였다.



<Figure 7> Comparison of Drone Image and T/S Performance

또한, <Figure 8>과 같이 입체영상에서 대상지의 담장이 있는 부분에 경계를 추출하였다. 도로에 설치된 담장 하단을 기준으로 결선한 결과 일부 도로선은 추녀에 의해 가려졌으나, 담장이 이어졌으므로 일직선으로 추정할 수 있다. 출입구 등에 의하여 일부 담장이 없는 경우, 상단으로 결선할 수 있다. 한편, 결선이 가능한 담장은 대부분 건물의 지붕이나 수풀 등의 장애물이 없는 곳이다.



<Figure 8> Fence Line Finalization using 3D Image

경계추출이 어려운 지역의 경우, 도로선이 일직선으로 판단되거나 일부분이 건물 지붕에 상당 부분 가려진 경우가 존재하였다. 또한, 군소건물들이 난립하거나, 담장이 나무 등에 의해 가려져 경계확인이 곤란한 경우도 존재하였으며, 도로가 좁은 골목의 형태로 된 경우 인접 건물로 인해 경계가 불확실하게 보이는 경우도 나타났다. 한편 시가지와 농지가 복합적으로 분포된 형태에서 담장이 직선이 아닌 불규칙한 곡선으로 설치되었거나, 노후화되어 무너진 예도 있고, 건물에 비닐하우스나 별도의 부속 건물을 추가로 설치한 예도 있다. 즉, 현장에서 지상구조물이 경계로 구분되도록 명확하게 설치되어 있지 않으면 영상에서 경계를 판별하기 어렵다.

#### 4. 지적재조사 드론 영상 활용방안

##### 4.1 드론 영상을 활용한 경계추출 방법 정리

드론으로 취득된 영상은 번들조정법에 의한 정합 과정을 거치게 되는데, 이때 <Table 2>와 같이 지상기준점의 최대오차는 대상 지역의 경사도에 영향을 받는 것으로 판단되며, 결국 정사영상과 입체영상의 위치정확도에 영향을 끼치게 된다.

<Table 2> GSD, Max.Error & Slope

	Gamman District 1	Dongmyeon District	Hapsan-Sinan District
GSD	2.33cm	1.67cm	3.27cm
Max. Error	.065m	.011m	.037m
Slope	14.3%(8.17°)	1.1%(0.62°)	2.5%(1.41°)
Slope Type	Steep	Flat	Gentle

이는 드론이 상공에서 수직 방향으로 촬영하는 원리로 데이터값이 추출되는데 교차각이 작아 Z값의 정확도가 낮아지게 되고, 고저차가 심한 지역은 정확도가 낮은 높이값이 번들조정법에 의해 결국 2차원의 X와 Y값으로 오차가 전파되는 것으로 판단된다.

따라서 정확한 경계추출을 위해서는 가급적 완만한 경사이어야 할 것이다. 경계추출은 기본적으로 정사영상에서 추출하는 것이 효율적이고 안정적이며, 고저차 확인이 필요한 경우 입체영상을 확인하고 정사영상에서 경계를 추출하는 것이 안정적이다.

건물의 경우 주로 외벽을 측정해야 하는데 지붕의 추녀로 식별되지 않는 경우가 많아 현장의 확인이 필요하며, 담장의 경우 나무, 풀 등에 의해 일부 가려진 경우 드론



<Figure 9> Drone Image Boundary Extraction Possible Cases(Ground Structure)

영상에서 확인할 수 없는 영역이 존재한다. 드론 영상에서 확인할 수 없는 부분은 현장에서 확인한 후 경계를 추출하는 것이 적절할 것으로 판단된다. 이 외에 담장이 현장에서 반듯하게 보이거나 실제 드론 영상에서는 울퉁불퉁하게 보이는 현상, 그림자, 식생, 비슷한 색상, 해상도의 제약

등이 주로 현장에서 측량해온 실무자가 드론 영상에서 경계를 추출할 경우 심리적 부담을 느낄 수 있는 요인으로 작용할 것이다.

따라서, 드론 영상을 활용하여 경계추출을 수행하기 위해서는 취득한 영상의 품질과 현장 환경을 토대로 선별적

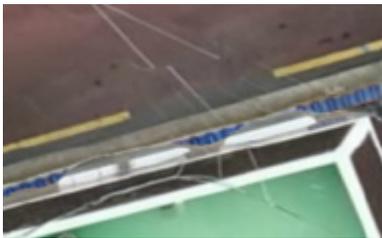


<Figure 10> Drone Image Boundary Extraction Possible Cases(Ground Boundary)

It is difficult to set the boundary for the densely populated small buildings



Building boundary visible due to image overlapping error



If a separate roof is installed on the roof



Difficulty identifying boundaries due to shadows



If the fence is obscured by vegetation or structures



If the underside of the building is visible



If the structure looks out of place



If the wall looks curved



If the structure between the buildings is not identifiable



<Figure 11> Drone Image Boundary Extraction Impossible Cases

으로 적용해야 할 것이다. <Figure 9>와 <Figure 10>은 각각 지상구조물과 지상경계에서 드론 영상을 통해 경계추출이 가능한 사례이다. <Figure 11>은 건물이 밀집된 지역이거나 구조물이 건물을 가리는 등의 현장 상황에 대한 문제와 그림자, 영상 중첩 오류, 담장이나 구조물 형상이 정확히 판독되지 않는 영상의 품질 문제로 인해 경계추출이 불가능한 사례이다.

#### 4.2 드론 장비 검정 기준 마련

앞서 살펴본 바와 같이 현장 상황에 의해 경계추출이 불가능한 경우는 해소하는 데 어려움이 있지만, 드론 영상의 품질적 문제는 개선해 나갈 여지가 충분하다. 또한, 영상의 해상도 개선은 기술의 발전에 의존하지만, 기존 보유 중인 장비로 취득한 영상에 대한 품질 저하 문제는 장비 관리에 대한 문제이다.

따라서 드론 장비에서 가장 핵심적인 기능을 수행하는 카메라에 대한 주기적 검정을 통한 관리가 필요하다.

이미 국토지리정보원에서 2020년 고시한 「무인비행장치 측량 작업규정」 제6조에 따르면 무인비행장치에 탑재된 디지털카메라가 갖추어야 할 성능을 명시하고 있다. 규정에는 자체 검증방법으로 산출된 보정 값을 이용하여 카메라 왜곡 보정을 수행할 수 있다고 명시되어있으며, 해당 조문은 기존의 항공사진 측량용 카메라와 비교하였을 때 드론 공간정보 구축은 다양한 목적에 의해 활용되고 그 목적에 따라 요구하는 성과물의 품질이 각각 다르므로 상황에 맞는 규격을 선정하기 위한 것이라 판단된다[4].

지적재조사사업에서 드론 영상의 제작과정 상 지상기준점의 좌표값을 기준으로 광속조정법(Bundle Adjustment)에 따라 사진들을 기하학적으로 카메라의 자세값을 역추적하여 지상의 영상을 정밀하게 정합 처리한다. 기존 항공사진측량에서도 일차적으로 광속조정법을 수행했음에도, 높은 정확도를 위해 카메라에 대한 검정을 반드시 수행토록 하고 있다[1]. 규정에 의하면 항공사진측량을 위한 항공카메라 검정을 위한 검정장 마련과 공간해상도, 방사해상도, 위치정확도 등 검정을 정기적으로 실시한다는 점이다.

드론 장비는 높은 고도에서 촬영하는 비행기와 달리 낙하에 의한 충격, 과열, 장기간 사용으로 인한 노후화 등 영향에 의해 기계적인 오차가 포함될 가능성이 있다. 높은 고도의 비행기와 달리 드론은 비교적 낮은 고도에서 촬영하기 때문에 세밀한 영상을 취득할 수 있다는 장점이 있으나, 드론에 사용되는 카메라는 일반 항공촬영에 사용되는 카메라와 달리 왜곡 오차가 큰 편이다. 카메라의 왜곡 오차가 클수록 지상기준점을 이용한 보정 처리도 한계가 있다. 드론 촬영은 항공사진과 비슷한 원리로 촬영하므로 검정장을 설치하여 주기적으로 검정을 받도록 할 필요가 있을 것으로 판단된다. 비록 검정하지 않고 지상기준점에 의한 광속조정법에 따른 영상보정으로 정확도를 확보할 수 있지만, 지상기준점의 영역이 아닌 카메라와 기체 간 기계적인 영역에서 정확도에 영향을 미칠 수 있다. 드론 영상에서 지적재조사측량을 위한 경계 및 현황추출은 정확성이 중요하므로 공간해상도, 방사해상도, 위치정확도의 검증이 필요하다. 지적재조사측량에서 위치정확도가 가장 중요하나 공간 및 방사해상도가 높을수록 영상에서 높은 정확도로 경계를 추출할 수 있다.

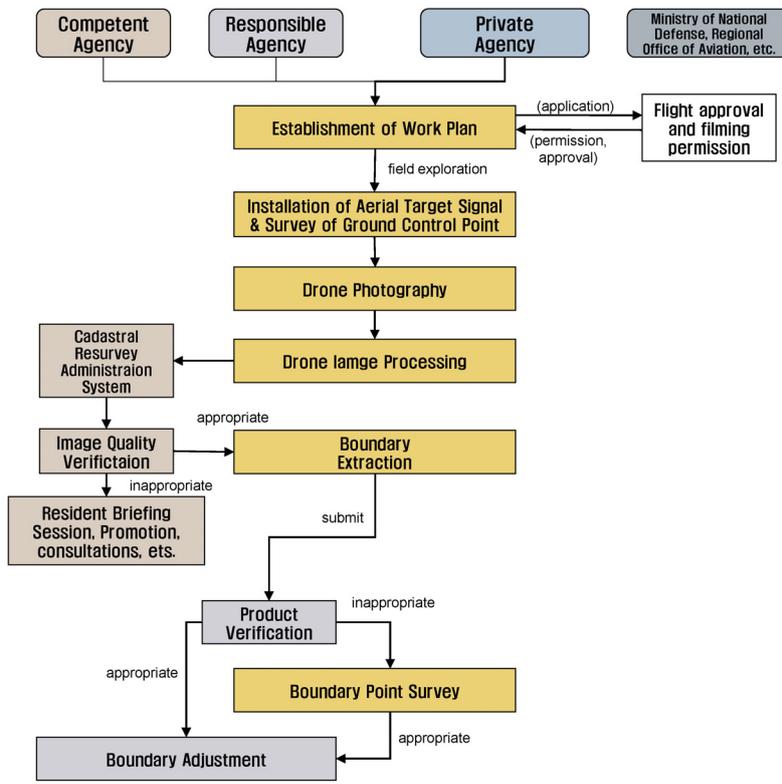
한국국토정보공사는 현지측량에 활용하는 토털스테이션 장비를 3년마다 한 번씩 정기적으로 검정을 수행하고 있다. 어떤 측량 장비이든 다양한 원인에 의해 기계적인 오차를 포함할 수 있으므로 정기적인 검정이 필요하다. 항

공기나 토털스테이션 등 측량에 사용되는 장비는 주기적으로 검정을 받고 있음을 볼 때 드론 장비도 노후화나 충격 등으로 인한 영상정확도의 저하를 방지하기 위해 공간해상도, 방사해상도, 위치정확도 등의 검정과 검정장 마련은 정책적으로 추진할 필요가 있다.

### 4.3 드론을 활용한 지적재조사측량 절차(안)

경계추출 실험분석 결과 드론 영상을 지적재조사 전체 공정에 완전히 적용하기에는 현재의 기술로써는 많은 어려움이 존재한다. 따라서 영상의 품질에 따라 드론 영상을 지적재조사에 어느 공정에 활용할 수 있는지 수행 절차를 도식화하였으며, <Figure 12>와 같다.

지적소관청, 책임수행기관, 지적재조사 대행자가 드론측량수행자가 되는 경우 작업계획수립, 대공표지 설치 및 지상기준점 측량, 드론 촬영, 드론 영상제작, 경계 및 현황추출 등의 단계는 동일한 프로세스로 진행된다. 다만, 지적소관청은 드론 측량자가 제출한 드론 영상의 품질을 적정한 것으로 검증하면 이 영상을 드론측량수행자가 경계 및 현황을 추출하고, 책임수행기관이 이 성과를 적정한 것으로 검증하면 지적소관청과 책임수행기관은 경계조정업무에 활용할 수 있다. 그러나 부적정으로 검증되면, 현지측량을 통하여 보완한 후 경계조정업무에 활용해야 하는 단계로 나타냈다.



<Figure 12> Cadastral Resurvey Surveying Procedure Using Drones(draft)

## 5. 결 론

본 연구는 드론 수요가 증대되고 있는 시점에서 지적재조사의 효율적 추진을 위해 드론 영상의 활용방안을 모색한 연구이다. 이를 위해 드론의 기술적 현황과 법제도적 현황을 검토하여 드론 영상의 지적재조사 활용 가능성을 일차적으로 검토하였다.

한편, 경계 및 현황의 추출은 도심지역, 농촌지역, 도농복합지역에 따라 지상의 경계에 대한 식별의 난이도가 다르다. 주로 건물이 밀집될수록 난이도가 높고, 입체영상보다 정사영상에서 경계를 추출하는 것이 더 정확하고 효율적일 것이다. 정사영상에서는 건물의 밑면이 보이지 않으므로 외벽선을 기준으로 경계를 추출할 경우 현장에서 확인이 필요하다. 처마에 의해 도로의 경계선이 가려진 경우도 있으며, 식생, 색조 등의 영향과 군소건물의 난립, 좁은 골목, 휘어진 담장, 파손된 지상구조물 등으로 영상에서 경계식별이 곤란한 경우를 제외할 필요가 있다. 이러한 요인을 고려하여 작업규정(안)은 지적소관청에서 검증한 드론 영상을 바탕으로 토지의 경계로 사용하거나 지상구조물과 토지의 이용현황이 명확히 식별되는 때에만 추출하도록 하고, 그 기준은 도시·군 계획시설의 경계를 우선으로 하였으며, 상하좌우 및 고저 확인이 필요한 경우 입체영상을 활용해야 한다는 결과를 도출하였다.

이러한 실험분석 결과를 토대로 드론 영상의 원활한 활용을 위해 경계추출 불가능 사유를 정리하고, 드론 장비검정 기준의 필요성과 함께 드론을 활용한 지적재조사측량 절차도(안)를 마련하였다.

이처럼 지적재조사에 드론 영상을 활용함에 따라 기존 직접측량 수행 시 장기간 소요되던 경계 합의, 민원 등의 공정을 상당 부분 단축할 수 있을 것으로 기대된다.

## Acknowledgement

This study was prepared by summarizing the research contents of “A Study on Drone Image Application and Institutionalization Method for each Cadastral Resurvey Process(11-1613000-003146-01)” ordered by the Ministry of Land, Infrastructure and Transport Cadastral Resurvey Planning Team.

## References

- [1] Aerial Photogrammetry Work Regulations
- [2] Cadastral Resurvey Regulations.
- [3] Cadastral Study World Geodetic System Conversion Regulations.
- [4] LX Spatial Information Research Institute, A Study on Drone Spatial Information Quality Management and Establishment of Certification System, 2020.
- [5] Regulations on the Operation of Institutions Responsible for Cadastral Resurvey.

## ORCID

Keo Bae Lim	<a href="http://orcid.org/0009-0009-8494-2698">http://orcid.org/0009-0009-8494-2698</a>
Seoung Hun Bae	<a href="http://orcid.org/0000-0002-0819-4386">http://orcid.org/0000-0002-0819-4386</a>
Won Hui Lee	<a href="http://orcid.org/0000-0001-5744-1198">http://orcid.org/0000-0001-5744-1198</a>
Boeun Kim	<a href="http://orcid.org/0009-0000-3983-6372">http://orcid.org/0009-0000-3983-6372</a>
Yeongju Yu	<a href="http://orcid.org/0009-0000-8231-7324">http://orcid.org/0009-0000-8231-7324</a>
Jin Kim	<a href="http://orcid.org/0009-0003-7628-971X">http://orcid.org/0009-0003-7628-971X</a>