

보급형 회전익 무인항공기를 이용한 토지행정 지원 연구*

박기홍** · 홍일영***

A Study on the Land Administration Support Using the Popular Rotary-Wing Unmanned Aerial Vehicle*

Kihong Park** · Ilyoung Hong***

요약 : 본 연구에서는 보급형 회전익 UAV를 이용하여 공간정보를 취득하고 영상처리 소프트웨어를 활용하여 지자체에서 토지행정 업무에 직접 활용하는 방안을 모색하였다. 스마트폰 앱을 이용하여 20분간 자동모드 비행을 통해 총 195장의 항공사진을 촬영하였고, 일괄처리 형식의 영상처리 기능을 제공하는 소프트웨어를 이용하여 모자이크 영상 및 정사영상을 신속하게 생성할 수 있었다. 연구를 통해 얻어낸 보급형 UAV 활용의 유용성은 공간의사결정자가 직접 고해상도를 갖는 최신의 자료를 신속하게 취득하여 지목변경 상담 등 민원업무에 활용하여 실시간으로 변화하는 민원수요에 선제적으로 대응할 수 있다는 점이다. 이러한 장점은 향후, 참여형 공간정보 구축방안으로서 미등록 토지 조사, 국공유지 점유현황 조사 등 관련 토지행정업무에 활용 수 있을 것으로 기대한다.
주요어 : 무인항공기, 정사영상, 토지행정

Abstract : In this study, the spatial information was acquired by using the popular rotary-wing UAV and the image processing software was used to find a way to utilize it directly from the municipality to the land administration. A total of 195 aerial photographs were taken through the automatic mode flight for 20 minutes using the smartphone app, and mosaic images and orthophotos were quickly generated using software that provides image processing functions in a batch processing. The usefulness of the UAV model obtained through research is that spatial decision makers can quickly acquire the latest data with high resolution and use them for civil affairs such as landuse change counseling so that they can preemptively respond to the changing demands of civil petitions to be. These advantages are expected to be utilized in the related land administration tasks such as survey of unregistered land, investigation of occupation status of national and common land as a plan for constructing participatory spatial information in the future.

Key Words : UAV (Unmanned Aerial Vehicle), Orthophoto, Land administration

I. 서론

국내에서 참여형 지도제작에는 종이지도, GPS, 데스크탑 GIS, 웹 GIS등과 같은 다양한 방식들을 적용한 연구들이 있어왔다(강호석, 2006; 고준환, 2006; 박지만, 2009; 오충원, 2013). 이러한 연구들은 전문적인 GIS기

술들에 대한 일반인들의 접근이 가능해지면서 가능해진 것이다. 무인항공기 혹은 드론 역시 일반인들에게 보급되면서 저가형 보급형 UAV를 이용한 지도제작 방식이 일반인들에게 공개되고 있다(Hill, 2013). 이러한 지도제작 방식들이 공개되고 있지만 아직 국내에서는 사용자 참여를 통한 활용의 사례들은 미흡한 상태에 있다. 최근

*본 연구는 2016년 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원(NRF-2016S1A5A2A01024703)을 받아 수행되었습니다.

**남서울대학교 지리정보공학과 석사(Master, Department of GIS Engineering, Namseoul University, studp25@korea.kr)

***남서울대학교 GIS공학과 조교수(Assistant Professor, Department of GIS Engineering, Namseoul University, ilyoung.hong@nsu.ac.kr)

보급형 드론의 사용이 일반인들에게 급속하게 확산되고 있으며, 촬영 영상은 최신의 자료를 수집하여 주변 환경의 변화에 대한 모니터링을 가능하게 한다. 보급형 UAV(Unmanned Aerial Vehicle)를 이용하여 자신의 목적에 따라 공간정보를 수집하고 지도를 제작하는 사람들이 증가하면서, 참여형 지도제작의 연구에 대한 필요성이 높아지고 있다.

공간정보 수집에 있어서 기존의 위성영상 및 항공사진의 래스터 데이터는 넓은 범위를 제공하는 장점이 있지만, 원하는 시점에 소규모의 지역만을 촬영하는 것이 불가능하다는 점과 짧은 주기로 반복적인 촬영을 할 수 없는 단점이 있다. 또한 정사영상의 공간해상도는 대체로 11cm~1m급 영상으로서 필요에 따라 객체 판독에 한계성이 있을 수 있다. 최근에 무인항공기(Unmanned Aerial Vehicle System)를 이용한 지도제작 및 3차원 공간정보를 구축하는 방식이 등장하면서 다양한 분야에서 연구 및 활용이 증가하고 있다. 이는 위성영상과 항공영상에서 제공하지 못하던 5cm급 이하의 고해상도 영상을 반복적으로 언제 어디서나 편리하게 취득할 수 있는 장점이 있으며, 기존 항공측량에 비해 저비용으로 자료의 취득이 가능하고 누구나 쉽게 공간정보를 취득할 수 있는 편의성을 제공하고 있다(김석구, 2014).

토지행정 분야에 있어서 국토교통부는 지적 제도 개선계획(2016~2020)의 4대 분야 중 토지경계 관리의 효율성 제고 추진전략 중점과제로 국토의 정확한 관리를 위해 UAV 영상을 활용한 토지 등록 및 경계정비 방안을 마련하였다(국토교통부, 2016). UAV를 이용하여 접근이 어려운 도서지역의 미등록 도서들을 지적 공부에 신규 등록하고 실제와 다르게 잘못 등록된 비정위치 도서를 공부에 올바르게 등록할 계획이다. 또한 지적 재조사 효율화를 위한 드론 활용 실험사업을 4개 유형 8개 지구에 실시하여 지적 재조사 측량, 측량성과 검사, 경계협의 등 무인항공기의 적용 가능성을 집중 검토하고 있다. 그러나, 이러한 UAV의 활용은 전문 측량 UAV를 활용하는 경우가 주를 이루며, 아직 지자체 행정 업무에 있어서 사용자들이 직접 UAV를 활용하는 사례들은 드물다고 할 수 있다. 이와 함께, 토지행정과 관련하여 업무에 활용하는 항공영상의 경우 영상제작을 주기적으로 제작하기에 토지이용의 변화를 즉시적으로 반영하기 못하는 경우가 많고, 국지적으로 발생하는 토지이용변화에 대한 모니터링에 있어 기존의 항공측량방식은 비용과 시

간적인 측면에서 제약을 갖게 된다.

본 연구의 목적은 쉽게 활용할 수 있는 보급형 회전익 UAV를 이용하여 공간정보 사용자가 직접 자료를 취득하고, 대중화된 영상 처리 S/W를 활용하여 신속하게 파노라마 영상과 정사영상을 제작하여 토지행정에 활용하는 방안을 모색하는 것이다. 이와 함께, UAV를 이용해 취득한 정사영상과 현재 지적 업무에서 이용하는 부동산 산출공부시스템(KRAS, Korea Real Estate Administration Intelligence System)의 항공영상과의 비교를 통해 효율성 및 필요성을 확인하였다. 본 연구의 결과는, 향후 국공유지 점유현황 조사, 재해 등 긴급 상황에 따른 현장 확인 등 토지행정업무 지원 분야에 다양한 활용에 도움을 줄 수 있을 것으로 기대한다.

II. UAV를 활용한 공간정보구축

UAV를 기반으로 하는 공간정보의 취득에 관한 연구로서 최경아 등(2011)은 긴급 사황에서 효율적으로 대처하기 위해 대상지역의 공간정보를 효율적으로 취득할 수 있는 저고도 무인 항공기 기반의 공중모니터링 시스템을 개발하여 제시하였다. 김석구 등(2012)은 공간정보 분야에 무인항공기의 도입 및 활용을 위한 연구에 초점을 두었고 무인항공기 비행영상수집 및 영상처리과정에서 발생한 오차분석과 측량 정확도 검증 및 향후 공간정보 분야에서의 폭넓은 활용에 대비한 체계적인 프로세스의 확립을 연구하였다. 김덕인 등(2014)은 무인항공시스템의 저렴한 운영비용, 신속한 자료취득 등의 장점을 이용해 재해지역의 분석 및 지도제작 등과 같은 국토모니터링 분야에 적용 가능성을 평가해보고자 지도제작과 관련된 법률 및 제도를 검토한 후 개선방안을 제시하였다.

이인수(2014)는 초경량 UAV를 최근 문화재 문서화, 교통현황조사, 군정찰업무 등에서 활용하고 지적공간정보의 개요 및 관련 사업종류조사를 선행적으로 수행하고 이중 재해분야에서 UAV를 활용한 지적공간정보 취득 방안을 검토하였다. 조영선 등(2014)은 무인항공기 사진 측량기법은 비교적 저비용으로 중소규모의 시공현장에 효율적으로 활용할 수 있으며, 시시각각으로 변하는 토목 시공현장에서의 최신의 3차원 공간정보를 신속하게 제공하는 방안을 제시하였다. 정우수 등(2015)은 무인항공기를 이용한 고해상도 지형공간정보와 파노라마 VR

(Virtual Reality)영상 및 GIS분석기법을 이용하여 여러 지형조건에 따른 필지의 특성을 객관적으로 추출함으로써 합리적이고 일관성 있는 공시지가산정체계 수립에 기여하고자 하였다.

이처럼 지도제작에 있어서 UAV를 이용하는 측량 기술이 발전하고 상업용 UAV들이 보급되면서 일반인들이 전문 사진측량 도구들을 사용할 수 있는 환경들이 만들어지고 있다. DJI 사의 팬텀3는 대표적인 저비용의 보급형 UAV로서 비상업적인 목적으로 급격하게 사용자 수가 증가하고 있다. 팬텀3의 경우 자동비행과 함께 파노라믹 영상처리 및 전문 사진측량 소프트웨어와의 연동이 되면서 다양한 분야로의 활용이 기대되고 있다. 이러한 보급형 UAV들의 대표적인 활용 연구들로 Niethammer *et al.*(2011)의 산사태 토사유출 연구, Bendea *et al.*(2007)의 고고학 유적지 탐사, 이강산 등(2015)의 해안지형 변화 탐사 등의 연구들이 대표적이다. 보급형 UAV를 이용해 취득한 영상을 처리하기 위한 다양한 소프트웨어들은 오픈소스 형태로 제공되기에 누구나 사용이 가능하며, 상업용의 경우 마법사 기능의 일괄처리 형식을 통해서 일반인들이 쉽게 사진영상들을 처리할 수 있도록 해주고 있다(홍일영, 2016). 이와 같은 연구들은 연구자들이 직접 연구지역에 대해 보급형 UAV를 이용하여 자신이 필요한 공간정보를 수집하여 연구 분석을 한 사례들이

라고 할 수 있다. 이러한 변화는 자료수집에 있어서 고가의 비용이 요구되는 항공영상 촬영 부분을 보급형 UAV로 활용이 가능해지면서 달라지게 된 변화라고 할 수 있다.

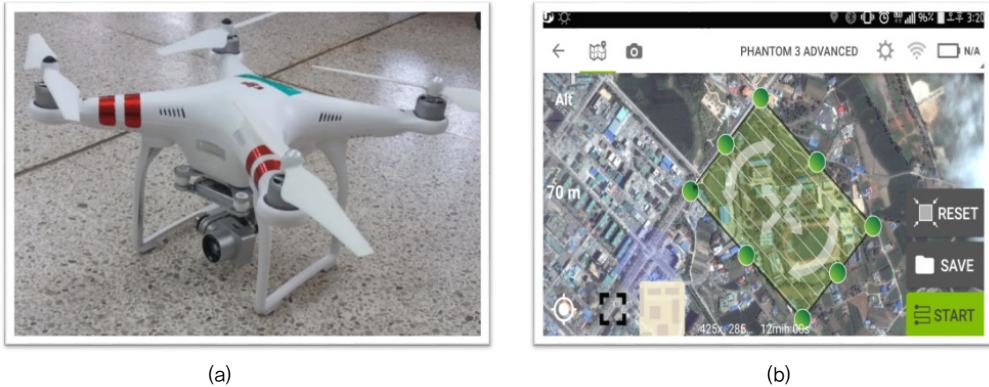
III. 연구지역 및 연구방법

1. 연구지역

사례 연구를 위해 서산시 잠흥동에 위치한 중양고등학교 일원을 연구대상 지역으로 선정하였다(그림 1 참조). 사진 영상의 촬영은 2016년 10월 4일에서 5일까지 이틀에 걸쳐 진행하였다. 실제 영상촬영에 걸린 시간은 20분 정도이지만 영상처리 이후 촬영영상에 대한 보안을 위해 다음날 추가적인 영상촬영을 수행하였다. 촬영 후 자료처리에는 파노라믹 영상 처리 소프트웨어인 MS ICE (Image Composite Editor)와 전문 사진측량 소프트웨어인 Pix4D Mapper를 이용하여 정사영상을 제작하였다. MS ICE는 마이크로소프트사의 연구센터(Microsoft Research Computational Photography Group)에서 파노라믹 영상 처리를 위해 공개된 형태로 무료로 제공하는 소프트웨어로서, 사용방식이 직관적이고 일반 윈도우 PC에서



그림 1. 연구지역(충청남도 서산시 잠흥동 중양고등학교)



(a) (b)
그림 2. 팬텀3(a) 및 PIX4D Capture를 이용한 비행 계획 수립(b)

쉽게 사용이 가능한 장점을 갖는다. 한편 PIX4D Mapper는 전문 사진측량 소프트웨어로서 전문 그래픽 영상처리를 위해 CUDA(Compute Unified Device Architecture)를 지원하는 그래픽카드와 함께 높은 사양의 하드웨어 환경을 필요로 하는 프로그램으로서, 고해상도의 정사영상 및 3D 데이터를 구축하는 전문 사진측량 소프트웨어이다. 본 연구에서는 이 두 가지 소프트웨어를 이용한 영상처리를 통해 영상을 처리하여 UAV영상처리에 있어서의 장단점을 비교하였다.

본 연구에서 사용된 보급형 회전익 무인항공기 장비로 DJI에서 개발한 팬텀3(advance)가 사용되었다(그림 2참고). 팬텀3는 세계적으로 가장 많은 판매량을 갖고 있는 보급형 UAV로서, 4개의 프로펠러를 갖고 있는 회전익 UAV로서 20여분 정도 비행이 가능하며, 이착륙장의 확보가 어려운 협소한 장소에서도 사용이 가능하다. GPS/INS 등의 센서를 내장하고 있어 3m/s 내외의 풍속 환경에서 안정적인 정지비행인 호버링 및 자동 이착륙, 리턴 홈 기능을 갖는다. 이와 함께 스마트폰 애플리케이션을 통하여 비행계획을 수립한 후 자동비행이 가능하고, 비행 시 자세제어 정보, 위치정보 등을 기록할 수 있다. DJI GO와 같은 스마트폰 어플리케이션을 이용한 자동모드의 비행이 가능하며, PIX4D Capture를 이용한 경우 비행경로, 비행고도, 촬영범위, 사진의 중첩도 설정이 가능하여 드론 비행에 대한 숙련된 기술 없이도 영상 취득을 가능하게 해주고 있다. 팬텀3의 1400만 화소 RGB 광학 카메라가 탑재되고 고해상도의 영상촬영이 가능하며, 영상촬영을 통해 얻어낸 사진 영상에는 GPS/GLONAS를 통해 얻어낸 경위도 좌표값이 태깅되어 부여되기 때문

에, 자동적으로 좌표값이 부여되는 장점을 갖는다. 일반적으로 전문 UAV 사진측량의 경우 영상처리에 있어서 정확도를 높이기 위해서는 카메라의 캘리브레이션값을 설정하고 지상기준점(Ground Control Point)을 이용하여 측량의 정확성을 높이는 작업을 수행하게 된다. 팬텀3와 PIX4D를 사용하는 경우, 기본값으로 설정된 캘리브레이션값과 GPS 태깅된 영상의 좌표값을 이용하여 좌표값이 부여된 정사영상의 취득을 가능하게 해준다.

최근의 토지이용현황을 분석하기 위한 사례분석을 수행한 곳은 충청남도 서산시 잠봉동에 위치한 중앙고등학교 인근으로 영상처리지역은 위도 38.778416°, 경도 126.4693126°에 위치한다. 현장실험이 이루어진 2016년 10월 당시 연구지역의 크기는 약 184,000m² 정도였다. 해당 연구지역을 대상으로 보급형 회전익 무인항공기인 팬텀3와 PIX4D Capture 스마트폰 앱을 이용하여 항공사진 촬영을 수행하였다. 비행경로 및 항공사진 촬영 범위는 연구지역 전체를 포함하도록 설정하였다. 팬텀3의 경우는 1회 비행할 수 있는 시간이 20분 이내로 상대적으로 짧으며, UAV와의 통신최대 거리가 1km 이내로 제한되기에 자동모드 비행계획은 지역의 범위로 설정하였다.

2. 무인항공기를 이용한 항공사진 촬영

항공사진의 공간해상도는 카메라의 해상도 및 초점거리, 기체의 비행고도 등에 영향을 받는다. 본 연구에서는 5cm/pixel 이하의 공간해상도(Ground Sample Distance: GSD)를 가지는 정사영상을 제작하기 위해 비행고도를 70m, 비행속도 3m/s로 유지하며 항공사진을 촬영하였

다. 촬영된 항공사진들의 중복도는 종방향 80%, 횡방향 75%로 설정하였다. 현장 관측 당시의 날씨는 맑았으며, 풍속은 2.6m/s, 기온은 24°C로 비교적 안정된 비행조건을 만족하였다. 현장에서 항공촬영을 위해 소요된 시간은 30분이었다.

팬티3를 이용하여 취득한 195장의 영상자료 처리를 위해 사용된 PC의 운영체제는 Windows 7 64-bit이고, CPU의 성능은 2.93GHz × 4이며, 내장메모리 크기는 8G이고 CUDA를 지원하는 NVIDIA의 Geforce 그래픽 GTX 750 등의 사양을 갖는 장비를 이용하였다. 촬영된 영상은 이미지 스티칭, 영상정합, 포인트 클라우드 생성 등을 통하여, 파노라마 이미지, 정사영상 및 3차원 입체영상을 제작할 수 있다.

본 연구에서는 초보적인 기능이 있는 것보다 전문성을 갖고 있는 대표적인 두 가지의 소프트웨어를 활용하여 정사영상 제작을 수행하였다. 우선 MS의 ICE는 일반적인 사진영상들에 대한 파노라마 영상을 처리해주는 이미지 스티칭 소프트웨어로서, 32bit 혹은 64bit의 윈도우 PC에서 사용이 가능하고 JPEG, TIFF, BMP, PNG 등과 같은 범용 그래픽 파일들을 지원한다. 사용법이 직관적이고 쉬운 사용법을 제공하여, 웹사이트를 통해 무료로 다운로드를 받아 사용할 수 있는 공개용 프로그램으로서 초보자들도 사용이 가능하다는 장점을 갖는다. 반면, PIX4D Mapper의 경우, 정사영상을 비롯한 DEM, DSM 등과 같은 공간정보를 생성하는 전문 UAV 사진영상 처리 프로그램으로 사진측량에 대한 이해를 필요로 하는 프로그램이라고 할 수 있다. 대용량의 영상처리를 위해서는 고성능의 하드웨어 사양을 필요로 하며, 정확한 측량지도의 제작을 위해서는 GCP 등록, 카메라 캘리브레이션의 설정 등과 같은 전문적인 지식이 요구된다. 이와 함께, 손쉬운 사용을 위해 프로그램의 사용과 처리

를 마법사 기능의 단계별 구조와 기본 설정값으로의 실행을 가능하게 하고 있어서 신속한 자료 처리를 가능하게 하고 있다.

IV. 자료처리 결과 및 검토

1. 자료처리 결과

본 연구에는 UAV로 촬영된 항공사진의 자료처리를 위하여 Microsoft ICE(<http://research.microsoft.com>)와 Pix4D Mapper pro 두 가지를 사용하였고 이들의 특징은 표 1과 같이 정리할 수 있다. 우선, Microsoft ICE는 마이크로소프트사에서 제공하는 공개 프로그램으로 여러 장의 사진들을 이어서 한 장의 파노라마 사진으로 만들어 주는 프로그램이다. 겹쳐진 사진들의 배경을 연결하여 고해상도 파노라마 사진을 완성하도록 만들어주며 영상 제작과정은 아래와 같다. 195장의 항공사진 자료를 처리하여 정사영상을 생성하는데 총 20분이 소요되었다.

촬영된 항공사진의 자료처리를 위해 다음으로 Pix4D Mapper pro를 사용하였다. 영상 제작과정은 아래와 같으며 195장의 항공사진 자료를 처리하여 정사영상을 생성하는데 약 60분이 소요되었고, 총 1,860만 개의 3차원 점군 데이터가 추출되었다. 그림 3은 영상처리 결과를 보여주고 있는데, 공통적으로 두 S/W 모두 토지이용의 현황을 육안으로 파악하는 데 필요한 고해상도의 정사영상을 신속하게 제공하는 장점을 제공한다. 비전문가용 영상정합 프로그램인 Microsoft ICE는 활용법이 비교적 간단하고 처리속도도 상당히 빠르게 완료되었지만, 그림 4에서와 같이 Pix4D로 제작된 정사영상에 비해 ICE의 경우 부분적으로 왜곡된 현상을 찾아볼 수 있었다.

표 1. 영상처리 소프트웨어의 특징 비교

Software	특징, 소요시간, 파일크기 등	비고
Pix4D Mapper	<ul style="list-style-type: none"> - 정사영상 및 3차원 포인트 클라우드가능 - 좌표계 지원 - 영상 파일 크기 383 Mbyte - 영상처리 시간 60분 	상용
Microsoft ICE	<ul style="list-style-type: none"> - 파노라마 모자이크 가능 - 쉽고 직관적인 사용방식 - 영상 파일 크기 43 Mbyte - 영상처리 시간 20분 	공개

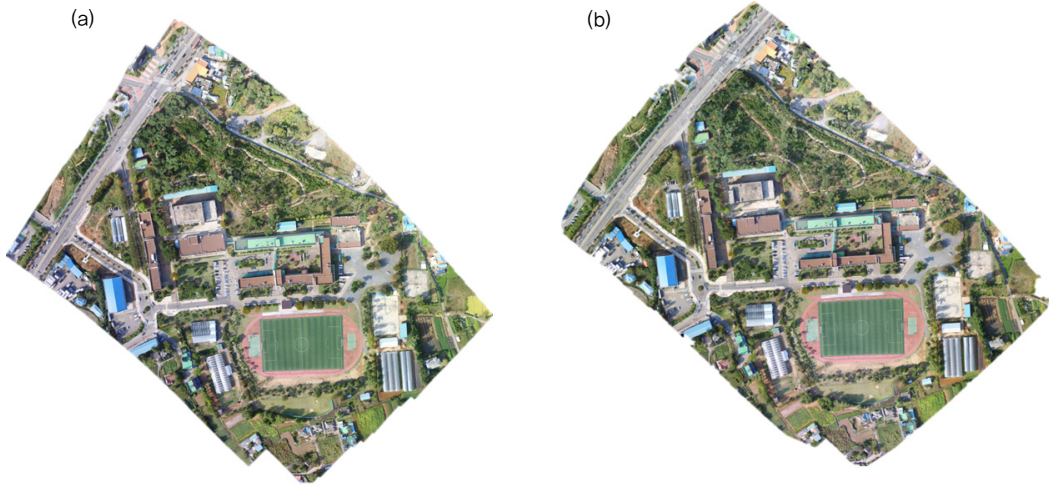


그림 3. MS ICE로 제작한 파노라믹 이미지(a)와 PIX4D Mapper로 제작한 정사영상(b)

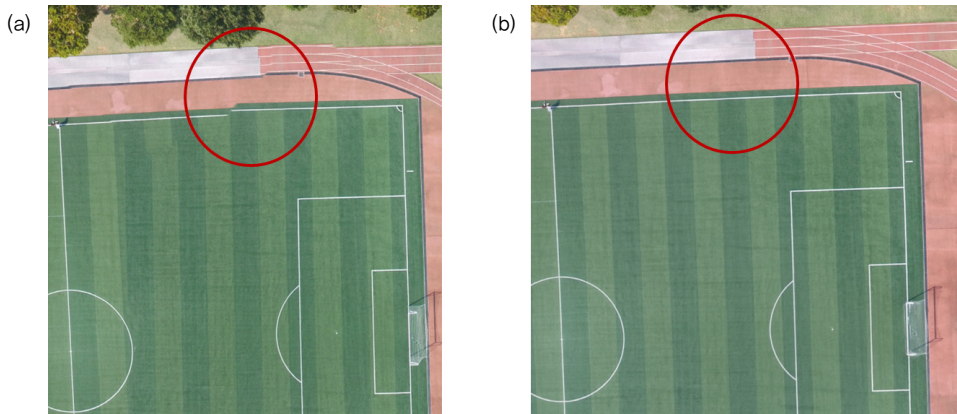


그림 4. 파노라믹 영상(a)과 정사영상(b) 간의 비교

유료인 Pix4D Mapper의 경우 전문가용 소프트웨어로 사용을 위해서는 일정의 교육과정을 이수해야할 필요가 있지만 사용방식은 일관처리로 쉽게 사용이 가능하다.

2. 기존 업무 활용 비교 검토

기존의 토지행정과 관련하여 현황을 파악하기 위한 현행 시스템으로는 부동산종합공부 시스템(KRAS)을 들 수 있다. 부동산종합공부 시스템은 「측량·수로조사 및 지적에 관한 법률」이 2013년 7월 17일자로 개정되어 공포됨에 따라 개별법에서 관리하던 18종의 부동산관련 증명서를 하나의 정보관리체계로 통합하여 관리하는 시스템이다. 지적업무 분야에서는 기존 종이도면으로 관

리되어 오던 지적(임야)도 전산화 사업을 통해 PBLIS 시스템을 거쳐 K LIS시스템으로 운영되다가 ‘부동산행정정보 일원화사업’을 통해 KRAS시스템으로 변화하게 되었다.

부동산종합공부시스템을 사용하는데 있어서 항공사진의 문제점은 영상의 최신성 및 해상도에 있다. 우선 부동산종합공부 시스템에 탑재되어 있는 항공사진 레이어는 국토지리정보원에서 2014년에 촬영된 사진 자료를 연계하여 활용하고 있다. 이는 하나의 시스템에 다양한 종류의 정보를 포함하게 되어 생기는 부득이한 현상이라 할지라도 현업에서 신속한 의사결정을 하기는 부족한 부분들이에 틀림없다. 둘째로, 부동산종합공부 시스템 활용부분에서 현재 항공사진과 지적(임야)도면 경계 레이어를 중첩하여 민원업무에 활용하고 있으나 항공사

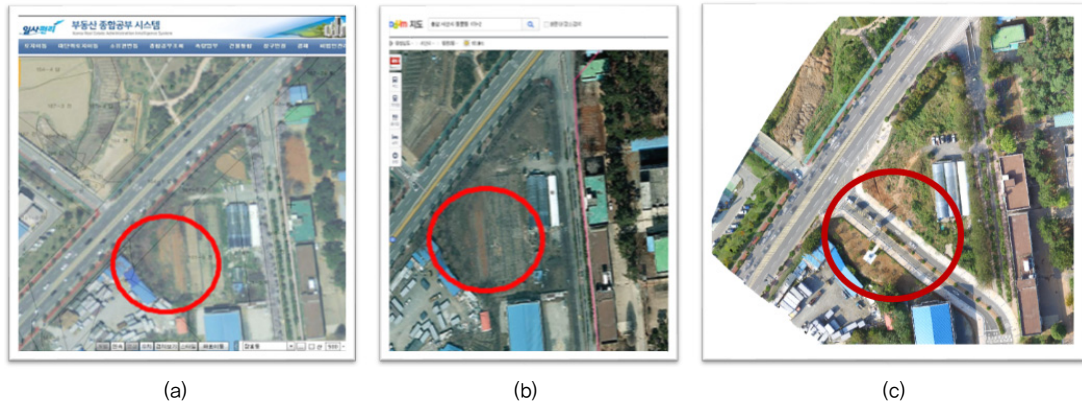


그림 5. KRAS 영상(a), Daum지도(b)의 토지이용 현황과 UAV로 제작(c)한 현황의 비교

진 해상도가 50cm급으로 그 해상도가 현저히 떨어져 현지 이용현황 등을 확인해야하는 지목변경 민원 상담 등에서 효율적인 업무추진에 어려움을 겪고 있는 실정이다. 이에 부득이 외부 상업용 포털사이트의 항공사진을 병행하여 살펴보아야 하는 번거로움이 따르고 있는 현실이다.

그림 5에서와 같이 국공유지 관리 측면에서 살펴보면 공유지인 잠흥동 000-00번지(1,819m², 충청남도 교육감)의 이용현황이 부동산종합공부와 포털서비스 지도에서는 전으로 사용하는 것으로 보이나 제작된 영상에서는 잡종지로 이용되고 있음을 확인할 수 있었다. 본 연구에서 제작된 정사영상에서는 기존의 부동산종합공부 시스템의 항공사진 및 포털서비스 지도검색에서 제공되는 현장 사진과 다르게 최근에 현지에 개설된 도시계획도로를 확인할 수 있었다. 이를 토대로 향후 도시지역부터 무인항공기로 촬영된 영상을 KRAS시스템과 연계하여 활용한다면 실시간, 상대적으로 변화하는 민원수요에 선제적으로 대응할 수 있을 것으로 기대된다.

V. 결론

본 연구에서는 최근에 활용도가 증가하고 있는 보급형 회전의 무인항공기를 이용하여, 사용자 참여를 통한 공간정보수집을 통해 토지행정 분야에 활용하는 방안을 모색하였다. 문헌조사 및 사례 연구를 통해 사진측량에 경험이 없는 비전문가들이 무인항공기를 이용하여 영상을 취득하고 자료를 처리하여 토지행정에 지원할 수 있

는 가능성을 탐색하였다.

사례 연구에서는 보급형 회전의 무인항공기 중의 하나인 DJI 팬텀3를 이용하여 서산시 잠흥동 중앙고등학교 일대의 영상촬영 및 지도제작을 수행하였다. 비행고도 70m, 비행속도 3m/s, 촬영된 사진의 횡중복도 80%, 종중복도 75%로 조건을 설정하고 자동모드로 비행을 수행한 결과 현장에서 총 195장의 항공사진을 획득하였다. Windows 7 64-bit 운영체제, 2.93GHz × 4 CPU, GeForce 750, 8G 내장메모리 조건의 컴퓨터에서 Microsoft ICE로 자료 처리한 결과 파노라마 영상을 생성하는데 20분이 소요되었다. 이와 함께 Pix4D Mapper pro로 자료처리한 결과 항공사진 자료를 처리하여 정사영상을 생성하는데 총 60분과 2시간 20분이 소요되었다.

연구를 통해 얻어낸 결과로는 첫째, 보급형 UAV와 공개 소프트웨어로 제공되는 영상접합 소프트웨어를 활용하여 토지이용변화를 시각적으로 분석할 수 있는 파노라마영상을 신속하게 제작할 수 있었다. 이러한 결과물은 현업에서 사용되는 부동산종합공부 시스템의 항공사진 보다 최신의 자료로 지목변경 상담 등 민원업무에 활용이 가능하여 실시간, 상대적으로 변화하는 민원수요에 선제적으로 대응할 수 있을 것으로 기대된다. 둘째로, 보급형 UAV와 전문 사진측량 소프트웨어인 Pix4D Mapper를 활용하여 정사영상과 같은 공간정보의 신속한 구축이 가능하였다. 이러한 결과물은 기존에 구축된 수치지도 및 영상정보와 같은 기존자료와의 중첩 비교가 가능하였다. 이러한 특징은 향후 미등록 토지 조사, 국공유지 점유현황 조사 등 관련 토지행정업무에 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

- 강호석, 2006, “GIS 2.0: 소비자 참여형 GIS 에 대한 고찰,” 한국GIS학회지, 14(3), 261-270.
- 고준환, 2006, “참여형 GIS(PPGIS)에 관한 연구,” 한국지적학회지, 22(1), 23-32.
- 국토교통부, 2016, 「지적제도 개선계획」.
- 김택빈·송영선·김기홍·김창우, 2014, “무인항공기의 국토 모니터링분야 적용을 위한 연구,” 한국측량학회지, 32(1).
- 김석구, 2014, “무인비행시스템을 이용한 공간정보 구축 및 활용에 관한 연구,” 목포대학교 박사학위논문.
- 김석구·성연동·김권욱, 2012, “공간정보 분야의 무인항공기(UAV) 활용방안에 관한 연구,” 한국지적학회지, 28(1), 169-178.
- 박지만, 2009, “시민참여형 GIS를 위한 온톨로지 설계 및 구현,” 대한지리학회지, 44(3), 372-394.
- 오충원, 2013, “인터넷 환경에서 참여형 GIS에 대한 연구,” 한국지도학회지, 13(1), 127-141.
- 이강산·최진무·조창현, 2015, “무인항공기를 이용한 해안선 변화 추출에 관한 연구,” 대한지리학회지, 50(5), 473-483.
- 이인수, 2014, “UAV를 활용한 지적공간정보 취득 방안 (재해분야를 중심으로),” 한국지적학회 춘계학술대회 논문집, 78-88.
- 정우수·임노열·정우수·정상혁·최석근, 2015, “고품질 지형공간정보를 이용한 토지특성 조사,” 한국지형공간정보학회지, 23(3), 57-67.
- 조영선·임노열·정우수·정상혁·최석근, 2014, “저고도 근접항공영상을 이용한 현장정보관리,” 한국측량학회지, 32(5), 551-560.
- 최경아·이지훈·이임평, 2011, “공간정보 구축 및 응용: 저고도 무인 항공기 기반의 근접 실시간 공중 모니터링 시스템 구축,” 한국공간정보학회지, 19(4), 21-31.
- 홍일영, 2016, “오픈소스 소프트웨어를 이용한 마이크로 UAV 영상 처리,” 한국지도학회지, 16(3), 139-151.
- Bendea, H., Chiabrand, F., Tonolo, F.G., and Marenchino, D., 2007, Mapping of archaeological areas using a low-cost UAV, The Augusta Bagiennorum test site, *XXI International CIPA Symposium*, 1-6 October.
- Hill, A.C., 2013, UAVs at Marj Rabba, Israel: Low-cost high-tech tools for aerial photography and photogrammetry, *SAA Archaeological Record*, 13(1), 25-29.
- Niethammer, U., Rothmund, S., Schwaderer, U., Zeman, J., and Joswig, M., 2011, Open source image-processing tools for low-cost UAV-based landslide investigations, *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, ISPRS Zurich 2011 Workshop*, 14-16 September, 161-166.
- 교신 : 홍일영, 31020, 충청남도 천안시 서북구 성환읍 대학로 91, 남서울대학교 GIS공학과 (이메일: ilyoung.hong@nsu.ac.kr)
- Correspondence : Ilyoung Hong, 31020, 91 Daehak-ro, Seonghwan-eup, Seobuk-gu, Cheonan-si, Chungcheongnam-do, Korea, Department of GIS Engineering, Namseoul University (Email: ilyoung.hong@nsu.ac.kr)

투 고 일: 2017년 3월 20일
심사완료일: 2017년 4월 11일
투고확정일: 2017년 4월 15일