

임의의 기준점을 이용한 해상에서의 UAV 사진측량 정확도 분석 UAV Photogrammetry Accuracy Analysis at Marine Using Arbitrary Reference Points

오재현* · 김병우** · 황대영*** · 홍순현****

Oh, Jae Hyun · Kim, Byung Woo · Hwang, Dae Young · Hong, Soon Heon

要 旨

본 연구에서는 임의의 수상기준점을 배치하고, UAV를 활용하여 해상에서의 사진측량 정확도 분석을 수행하였다. 소규모 저수지를 연구지역으로 선정하여 20개의 부표를 임의의 수상기준점으로 사용했으며, 사용되는 기준점의 수를 조절하여 위치 좌표의 오차를 확인하였다. 사진당 기준점수에 따라 case별로 분류하였으며 X의 정확도는 0.141m ~ 0.166m, Y의 정확도는 0.137m ~ 0.241m로 나타났다. 해상경계측량을 위한 오차범위가 ± 2 m임을 고려할 때, 이 수치는 해상과 같이 특이점이 부족하여 사진측량이 어려운 곳에서 임의의 기준점을 이용한 무인항공기 사진측량으로 사용 가능한 수준의 위치 데이터 정확도를 확보할 수 있을 것으로 사료된다. 또한, 사진당 기준점 평균 사용수, 기준점 사용 부표수, 면적당 기준점비율, 기준점 사용 부표 비율 등 4개의 수치와 x, y의 상관분석을 실시하였다. 각 요소와 x, y는 강한 음의 상관관계를 보였고 면적당 기준점 비율, 사진당 기준점 평균 사용수 기준점 사용 부표 비율의 순서로 x, y와의 상관도가 높은 것으로 나타났다. 기준점 사용 부표수와 x, y간의 관련성은 매우 낮은 것으로 나타났다. 이러한 상관분석의 결과는 실제 사용되는 기준점의 총 개수보다 각 사진에 사용되는 기준점의 수가 위치 정확도에 더 큰 영향을 미친다고 분석할 수 있다.

핵심용어 : UAV, 사진측량, 해상경계측량, 기준점

Abstract

In this study, with arbitrary reference points on the water, photogrammetry accuracy analysis was conducted using unmanned aerial vehicle(UAV). A small reservoir is a research area, and twenty buoys were used as arbitrary reference points. Errors of location coordinate were identified with control of amounts of used reference points. cases are categorized by index scores per photos. Accuracy of X is 0.141m~0.166m and accuracy of Y is 0.136m~0.241m. Considering that allowable error for the maritime boundary survey is ± 2 m, it is possible to get the accuracy data available for the photogrammetry of UAV using a reference point. In addition, the coefficient of correlation between the number of reference points per unit and number of buoys used as reference point and the ratio of the reference point per square measure, and percentage of buoys used as reference point and the coefficient of x and y were performed. Each element, x, and y showed a strong correlation and the coefficient of number of buoys used as reference point was irrelevant. The results of this correlation analysis can be analyzed that the number of reference points used in each picture is greater than the actual number of reference points used in location accuracy.

Keywords : UAV, Photogrammetry, Maritime Boundary Survey, Reference Point

Received: 2016.10.28, revised: 2016.11.16, accepted: 2016.12.20

* 정희원 · 부산대학교 사회환경시스템공학과 석사과정(Member, Master Student, Department of Civil & Environmental Engineering, Pusan National University, antiruinus@naver.com)

** 교신저자 · 부산대학교 사회환경시스템공학과 박사과정(Corresponding Author, Ph. D. Student, Department of Civil & Environmental Engineering, Pusan National University, rottneapple@naver.com)

*** 정희원 · 부산대학교 사회환경시스템공학과 석사과정(Member, Master Student, Department of Civil & Environmental Engineering, Pusan National University, hwang509@naver.com)

**** 정희원 · 부산대학교 공과대학 사회환경시스템공학부 교수(Member, Professor, Department of Civil & Environmental Engineering, Pusan National University, hsh1963@pusan.ac.kr)

1. 서 론

무인항공기(UAV, unmaned aerial vehicle)기술의 발달과 함께 활용성이 높아짐에 따라 무인항공기는 다양한 분야에서 활발하게 이용되고 있다. 특히, 최초의 목적인 군사적 목적에서 벗어나 농업, 측량, 재난, 방재 등 산업 전반적인 분야에서 활용되고 있으며 조작방법과 기기의 대중화로 일반인들의 레저용으로도 각광받고 있다. 이러한 무인항공기의 특징은 사람이 직접 접근하기 어려운 지역을 대신 접근할 수 있다는 점인데, 안전사고의 문제가 발생할 수 있는 지역, 현장의 파손 또는 변형의 문제가 되는 지역, 목표 지점간의 거리가 먼 지역 등 다양한 문제가 발생할 가능성이 있는 지역을 원격으로 무인항공기를 이용할 수 있다. 또한, 일반 디지털 카메라 또는 multispectral sensor 등 이용목적에 따라 다양한 센서를 부착하여 대상 지역의 영상·속성정보를 보다 편하고 빠르게 획득할 수 있다.

한편, 공간정보산업 전반에는 이러한 무인항공기의 장점을 활용하고 있다. 건설현장에서 물량산출, 지형측량 등 실시간으로 사용되기도 하며 토지의 경계설정 측량 등에도 적극 활용되고 있으며, 지적측량 등의 정밀 측량이 요구되는 분야에도 적용하기 위한 다양한 연구가 진행되고 있다. 무인항공기를 활용한 정확도 분석에 관한 연구로는 Hwang et al.(2016)의 저가형 무인항공기를 이용하여 대축척 수치지도의 정확도를 평가하는 연구가 있었으며, Sung and Lee(2016)가 수행한 무인항공기 사진측량을 통해 농경지 필지의 경계설정의 정확도에 대한 연구 또한 진행되었다. 무인항공기 촬영을 통해 얻은 데이터를 활용하는 연구로는 Kim et al.(2014)의 무인항공기를 활용하여 국토모니터링분야에 대한 적용을 위한 연구가 있으며, Cho et al.(2014)의 무인항공기 사진측량을 이용하여 고해상도 시계열 공간정보 취득에 관한 연구가 수행되었다. 또한, Kim and Shim(2014)는 무인항공기를 기반으로 한 가뭄 모니터링 시범운영에 관한 연구를 진행하였으며, Lee et al.(2013)는 초경량무인항공기를 사용하여 지적분야에 활용하기 위한 방안에 대해 연구하였고, Lee et al.(2012)는 UAV기반의 저고도 멀티센서를 사용한 사진측량 연구를 진행하였다.

무인항공기를 공간정보산업 외 타 분야에서 활용한 사례로 Na et al.(2015)는 무인항공기를 활용하여 양파와 마늘의 생육 모니터링에 관한 연구를 진행하였고, Kim et al.(2015)는 무인항공기를 재난관리에 운용하기 위한 연구를 수행하였다.

이러한 무인항공기를 측량분야에서 활용할 때, 높은

수준의 정확도를 확보하기 위해서 필수적으로 사용되는 것은 GCP(ground control point)이다. GCP는 무인항공기를 통해 사진측량의 결과로 얻을 수 있는 연속된 중복사진들의 지상기준점이 되는 것으로, 사진측량 대상지의 지상에서 GCP로 설정된 지점들의 지상좌표를 입력하여 연속된 중복사진들의 정합을 가능하게 하고, 높은 수준의 정확도를 획득할 수 있게 한다. 하지만, 해상 또는 넓은 면적의 강 등에서는 기준점으로 사용할 수 없는 특수점이 존재하지 않거나 개수가 매우 부족하여 사진측량 작업이 불가능하거나 낮은 정확도를 가지게 된다.

본 연구의 목적은 기존에 연구되었던 육지를 대상으로 무인항공기를 활용한 좌표 정확도 확인 및 활용에서 범위를 확장하여 GCP로 사용하기 위한 자연지물이 부족한 수상에서 임의의 특이점을 사용하여 위치 정확도 및 활용성 평가를 하는 것이다. 회전익 무인항공기 중 하나인 DJI사의 저가형 무인항공기 Inspire 1 v2.0을 사용하여 연구대상 지역의 항공사진 촬영을 수행하였으며, 연구대상 지역에 임의의 특이점을 설치하여 특이점 사용 개수별 case를 구분하여 x, y 좌표값들의 정확도를 비교하고 해상에서의 무인항공기 사진측량의 사용가능성을 평가하였다. 본 연구는 실제 해상과 유사한 상황으로 조성된 저수지에 test bed를 구축하여 연구하였다.

기존 연구와의 차별성은 지상기준점 배치연구에서는 기준점으로 사용가능한 자연지물이 많으며 기타 기준점의 설치가 용이하지만, 본 연구에서는 기준점으로 사용할 수 없는 특수점이 제한적인 수상에서 진행되며, 최적의 기준점 수를 확인하기 위해 설치된 임의 기준점을 선택적으로 사용하였다.

2. 연구지역 및 방법

2.1 연구 지역

연구대상지역은 경상남도 김해시에 위치한 가야대학교 김해캠퍼스내의 두곡저수지이다. 총면적 약 4,586m²으로 실제 무인항공기로 촬영된 면적은 5,723m²이며, Fig. 1과 같다. 배수로가 설치되어 있고 실험 당시 바람의 영향으로 물의 흐름이 발생하였다.

2.2 수상 특이점 설치 및 좌표 측정

임의로 설치한 수상 특이점은 구형과 원기둥형태의 스티로폼 부표를 사용하였다. 임의로 설치한 수상 특이점은 구형과 원기둥형태의 스티로폼 부표 총 20개를 사용하였다. 사용된 부표는 3가지 색상으로 구분 하였

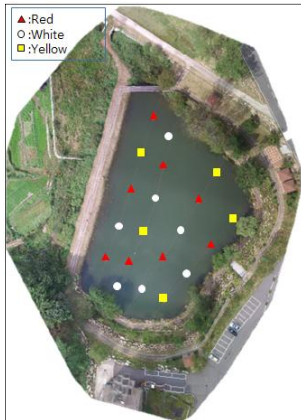


Figure 1. Research area

Table 1. Buoy data and number of color

| | diameter (cm) | height (cm) | number of colors | | |
|------------------|---------------|-------------|------------------|--------|-------|
| | | | Red | Yellow | White |
| spherical sphere | 27 | 27 | 4 | 3 | 2 |
| cylindrical type | 36 | 26 | 4 | 3 | 4 |

는데, 이는 데이터 처리 시 각 사진이 대부분 물만 촬영되어 설치한 부표의 순서와 번호 확인 작업을 용이하게 하기 위하여 사용된 부표를 3가지 색상으로 구분하여 실험을 진행하였다. 설치한 부표는 4개의 line으로 배치하였고, 사용한 부표의 제원 및 색상별 개수는 Table 1과 같다. 부표의 배치 상태를 유지하기 위하여 각 line에 배치한 부표끼리 끈으로 연결하였고, 실제 해상에는 물의 흐름이 발생하기 때문에 유사한 상황을 만들기 위하여 부표가 충분히 움직일 수 있도록 연결 끈의 길이를 길게 하였다. 부표의 배치 상태는 Fig. 1과 같다.

설치된 부표의 좌표는 total station을 사용하여 무타겟 측정을 실시하였다. 물의 흐름에 따른 부표의 움직임은 고려하여 무인항공기 촬영 전, 촬영 중, 촬영 후 총 3회 측정하여 산술 평균한 값을 사용하였으며 약 10cm 정도의 움직임이 발생하였다.

2.3 회전익 무인항공기를 이용한 항공사진 촬영

본 연구에서 사용한 회전익 무인항공기는 중국 DJI사의 Inspire 1 v2.0이다. Inspire 1 v2.0는 회전익 무인항공기로서 GPS/IMU센서가 내장되어 있어 비행시 위치정보 및 기체의 자세정보를 확인할 수 있다. 사진의 보정을 위한 내부표정요소는 무인항공기 기체에 내장된 GPS/IMU센서에 기록된 요소를 추출하여 사용하였다.

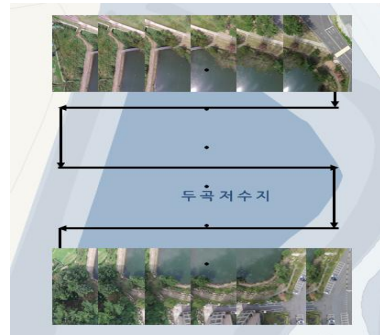


Figure 2. UAV photogrammetry flight plan

항공사진 촬영을 위한 비행계획은 모바일 어플리케이션 Pix4Dcapture을 사용하여 수립하였다. Pix4Dcapture을 사용하여 촬영 대상지역, 촬영 고도, 중복도등을 설정할 수 있다. 촬영대상지역은 연구대상 지역 전체를 포함하도록 59X97m로 설정하였고, 촬영고도는 40m, 촬영 중복도는 80%설정하여 총 5개의 Strip으로 계획하였다. 본 연구에서 사용된 항공사진측량 비행계획 모식도 및 중복촬영 사진 간략도는 Fig. 2와 같다.

2.4 데이터 처리

항공사진 측량 결과를 분석하기 위하여 Hexagon geospatial사의 Erdas Imagine을 사용하였다. 무인항공기에 설치된 카메라의 초점거리 사진상에서 추출된 내·외부 표정요소를 입력한 뒤 case별로 구분하여 특이점

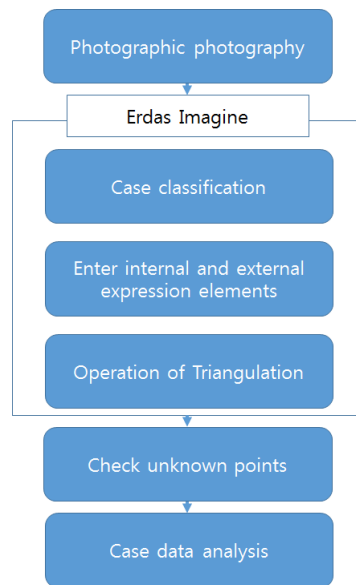


Figure 3. Data processing sequence

을 입력한다. 기지점의 경우 연속된 중복사진에서 해당 지점을 각각 선택하고 좌표값을 입력하고, 미지점의 경우 중복사진에서 해당 지점을 각각 선택한 뒤 자동항공삼각법(AAT, automatic aerial triangulation)과정을 거쳐 기하 보정된 사진상에서 미지점의 좌표를 확인할 수 있다. 실험 및 데이터 처리 과정은 Fig. 3과 같다.

3. 분석 결과

무인항공기를 이용한 사진측량의 결과 분석은 사진당 평균 특이점 사용개수와 특이점 사용 부표수에 따라 총 6개의 case로 구분하였다. case별 세부정보는 Table 2와 같다. case 1, 2, 3은 특이점 사용 부표수가 8개로 동일하며 사진당 평균 특이점 사용수를 증가하여 구분하였다. case 4, 5, 6은 특이점 사용 부표수가 9개로 동일하며 사진당 평균 특이점 사용수를 증가하여 case를 구분하였다. 분석결과로 사용된 RMSE는 total station을 통해 측량한 좌표값을 기준값으로 하고 Erdas Imagine을 사용하여 추출된 좌표값과의 차이를 평균 제곱근으로 계산하였다. 계산된 식은 Eqs. (1) and (2)와 같다.

$$SE X = \sqrt{\frac{\sum_1^n [(X_{Total Station}) - (X_{Erdas})]^2}{n}} \quad (1)$$

$$SE Y = \sqrt{\frac{\sum_1^n [(Y_{Total Station}) - (Y_{Erdas})]^2}{n}} \quad (2)$$

case별 세부정보는 Table 2와 같다. 기준점 사용 부표수는 연구지역에 20개의 부표를 설치하여 기준점 데이터로 입력된 부표수를 말하며, 사진당 기준점 평균 사용수는 사진 한 장당 기준점 데이터로 사용된 부표의 평균수를 말한다. 촬영면적당 기준점 비율은 항공사진 측량 면적 사진별로 입력된 특이점개수의 비를 나타내고, 기준점 사용 부표 비율은 사진당 촬영된 부표중 기준점으로 사용된 부표의 비율을 말한다.

case 1, 2, 3은 20개의 부표 중 8개의 부표를 기준점 데이터로 사용하고 12개의 부표좌표를 Erdas Imagine으로 분석하여 total station으로 측정된 값과 비교하였으며, 결과는 Table 3과 같다. case 1에서 case 3으로 사진당 평균 특이점 사용수를 증가하며 분석한 결과, case 1의 x, y RMSE가 각각 0.166m, 0.181m, case 2는 0.158m, 0.154m, case 3은 0.141m, 0.137m로 나타났다.

case 4, 5, 6은 20개의 부표 중 9개의 부표를 기준점 데이터로 사용하고 11개의 부표 좌표를 s/w를 통해 분석하여 total station 측정값과 비교하였으며, 결과는 Table 4와 같다. case 4에서 case 6으로 사진당 평균 기준점 사용수를 증가하며 분석한 결과 case 4의 x, y RMSE가 각각 0.158m, 0.241m, case 5는 0.153m, 0.145m, case 6은 0.143m, 0.138m로 나타났다.

Table 2. Details of case

| | number of reference points (each) | number of average reference points per photo (each) | ratio of the reference point per square measure (each/m ²) | percentage of buoys used as reference point (%) |
|-------|-----------------------------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| case1 | 8 | 3.000 | 0.013 | 32.051 |
| case2 | 8 | 3.880 | 0.017 | 37.891 |
| case3 | 8 | 4.960 | 0.022 | 43.816 |
| case4 | 9 | 3.040 | 0.013 | 34.545 |
| case5 | 9 | 4.120 | 0.018 | 41.700 |
| case6 | 9 | 5.560 | 0.024 | 49.117 |

Table 3. Analysis results of case 1, 2, 3

| | number of average reference points per photo (each) | RMSE X(m) | RMSE Y(m) | RMSE delta d(m) |
|-------|-----------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------------|
| case1 | 3.000 | 0.166 | 0.181 | 0.246 |
| case2 | 3.880 | 0.158 | 0.154 | 0.220 |
| case3 | 4.960 | 0.141 | 0.137 | 0.197 |

Table 4. Analysis results of case 4, 5, 6

| | number of average reference points per photo (each) | RMSE X(m) | RMSE Y(m) | RMSE delta d(m) |
|-------|-----------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------------|
| case4 | 3.040 | 0.158 | 0.241 | 0.288 |
| case5 | 4.120 | 0.153 | 0.145 | 0.211 |
| case6 | 5.560 | 0.143 | 0.138 | 0.199 |

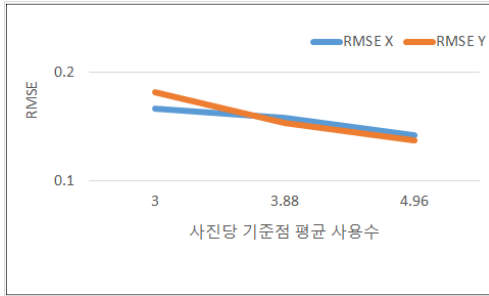


Figure 4. A relational graph of RMSE and the number of average reference points per photo(using eight reference points)

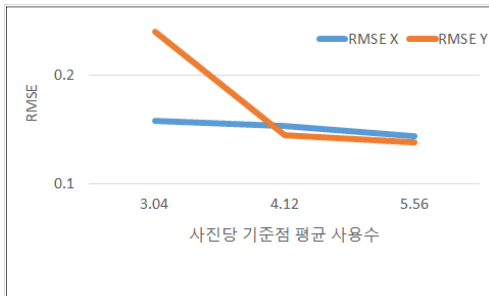


Figure 5. A relational graph of RMSE and the number of average reference points per photo(using nine reference points)

Fig. 4 and 5는 각각 사진당 평균 특이점사용수와 RMSE와의 상관도를 나타낸 그래프이다. Fig. 4 and 5 모두 평균 특이점사용수가 증가할수록 RMSE가 감소하는 것으로 나타나며, 평균 특이점사용수가 증가함에 따라 x, y의 RMSE가 비슷한 수준으로 수렴해가는 것으로 나타난다.

Table 5는 기준점 사용 부표수에 따른 case별 비교이다. 기준점 사용 부표수는 다르나 평균 기준점 사용수가 비슷한 case를 하나의 group으로 비교하였다. group 1에서는 기준점 사용 부표수가 증가하면서 x의 RMSE는 감소하였으나 y의 RMSE는 증가하였다. group 2에서는 기준점 사용 부표수가 증가하면서 x, y의 RMSE 모두 감소하였다. group 3에서는 기준점 사용 부표수가

증가하였지만 x, y의 RMSE는 오히려 증가하였다.

Table 6은 사진당 기준점 평균 사용수, 기준점 사용 부표수, 면적당 기준점비율, 기준점사용 부표 비율, x, y의 RMSE 등 6개 요소별 상관분석을 실시한 결과이다.

사진당 기준점 평균 사용수와 x, y RMSE의 상관계수는 각각 -0.926과 -0.777으로 강한 음의 상관관계를 나타낸다. 이는 Figs. 4 and 5와 같이 사진당 기준점 평균 사용수가 증가하면 RMSE x, y는 감소한다고 해석할 수 있다.

Table 5. A comparison case as number of buoys used as reference point

| group 1 | case 1 | case 4 | 증감량 |
|----------------------------------------------------|--------|--------|-----|
| number of reference points | 8 | 9 | |
| number of average reference points per photo(each) | 3.000 | 3.040 | |
| RMSE X(m) | 0.166 | 0.158 | - |
| RMSE Y(m) | 0.181 | 0.241 | + |

| group 2 | case 2 | case 5 | |
|----------------------------------------------------|--------|--------|---|
| number of reference points | 8 | 9 | |
| number of average reference points per photo(each) | 3.880 | 4.120 | |
| RMSE X(m) | 0.158 | 0.153 | - |
| RMSE Y(m) | 0.154 | 0.145 | - |

| group 3 | case 3 | case 6 | |
|----------------------------------------------------|--------|--------|---|
| number of reference points | 8 | 9 | |
| number of average reference points per photo(each) | 4.960 | 5.560 | |
| RMSE X(m) | 0.141 | 0.143 | + |
| RMSE Y(m) | 0.137 | 0.138 | + |

Table 6. Correlation analysis between each elements

| | number of average reference points per photo | number of reference points | ratio of the reference point per square measure | percentage of buoys used as reference point | RMSE X | RMSE Y |
|-------------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------------------|--------|--------|
| number of average reference points per photo | 1 | | | | | |
| number of reference points | 0.157 | 1 | | | | |
| ratio of the reference point per square measure | 0.999 | 0.121 | 1 | | | |
| percentage of buoys used as reference point | 0.981 | 0.337 | 0.974 | 1 | | |
| RMSE X | -0.926 | -0.209 | -0.931 | -0.920 | 1 | |
| RMSE Y | -0.777 | 0.233 | -0.794 | -0.718 | 0.592 | 1 |

기준점 사용 부표수와 x의 RMSE와의 상관계수는 -0.209로 음의 상관관계를 나타내며, y의 RMSE와의 상관계수는 0.233으로 양의 상관관계를 나타낸다. Table 5에서 group별 기준점 사용 부표수의 증가에 따른 x, y의 RMSE 증감량이 일정하지 않은 것을 확인할 수 있는데, x, y의 RMSE 모두 기준점 사용 부표수와의 상관계수가 낮게 나타나므로 기준점 사용 부표수와 x, y의 RMSE는 관련성이 낮다고 해석할 수 있다.

면적당 기준점비율과 x, y RMSE와의 상관계수는 각각 -0.931과 -0.794로 강한 음의 상관관계를 나타낸다. 사진당 기준점 평균 사용수와 x, y RMSE와의 상관계수보다 더 큰 것으로 나타나므로, x, y RMSE와 관련성이 비교적 더 큰 것을 알 수 있다.

기준점 사용 부표 비율과 x, y의 RMSE와의 상관계수는 각각 -0.920과 -0.718로 강한 음의 상관관계를 나타내며, 이는 사진당 기준점 평균 사용수, 면적당 기준점비율과 같이 기준점 사용 부표 비율이 증가함에 따라 x, y의 RMSE는 감소함을 나타낸다.

4. 결 론

본 연구에서 사진측량으로 좌표 데이터를 획득하기 어려운 해상에서 임의의 특이점을 설치하여 일정 수준 이상의 정확도를 가진 데이터를 얻을 수 있는지를 확인하고, 기준점의 수에 따른 좌표 데이터의 정확도를 비교하였다. 또한, 본 연구의 연구지역인 두곡저수지는

실제 해상보다 물의 흐름이 적고 기상 상황이 좋은 편이며, 특이점으로 사용된 부표의 움직임은 일부 제한하였으나, 부표간 연결시 끈을 길게 연결하여 물의 흐름에 따라 충분히 움직일 수 있도록 하였다.

기준점으로 사용된 부표수에 따라 x의 RMSE는 0.141m~0.166m, y의 RMSE는 0.137m~0.241m로 나타났다. x, y의 RMSE로 계산한 delta d는 0.197m~0.288로 실제 위치에 비해 최대 약 0.3m정도의 오차량이 발생함을 확인하였다. 이 수치는 지상측량에서 사용되기에는 다소 큰 수치이지만, 유동성이 큰 해상에서 사용하기에 충분한 수치이다. 실제로 해상경계확인을 위한 수료측량업무규정(2015. 7 개정)에서 측점위치의 결정시 수면 위치의 정확도는 $\pm 2\text{m}$ 로 규정하고 있다. 실제 해상에 비해 물의 움직임이 작았음을 고려하여도 규정상 정확도의 약 1/5 이내에 드는 수치로서 충분히 활용가능한 범위라고 판단된다.

또한 사진당 기준점 평균 사용수와 x, y의 RMSE를 분석한 결과 사진당 기준점 평균 사용수가 증가함에 따라 x, y의 RMSE는 감소함을 알 수 있었으나, 기준점 사용수가 약 4개부터는 x, y의 RMSE 감소량이 크지 않은 것으로 나타났다. 사진당 기준점 평균 사용수는 작업의 효율성을 결정할 수 있는 지표이므로, 위치 데이터의 목표 정확도에 따라 사진당 기준점 평균 사용수를 조절하여 사용하여야 한다.

기준점으로 사용한 부표수를 8개와 9개로 구분해 case를 설정하여 비교한 결과에서는 기준점 사용 부표

수와 x , y 의 RMSE와는 상관관계가 미약한 것으로 나타났다. Table 5와 같이 비슷한 조건에서 기준점 사용 부표수와 x , y 의 RMSE간의 관계에서 일정한 변화를 확인하기 어려웠으며, 기준점 사용 부표수를 증가하였을 때 group 1의 y RMSE, group 3의 x , y 의 RMSE는 오히려 증가하는 것을 확인할 수 있다.

본 연구의 결과에서 특이점이 부족한 해상에서 무인 항공기를 사용한 사진측량이 가능성을 확인할 수 있으며, 사진측량 작업 시 특이점 개수의 적절 수준 또한 확인할 수 있다. 이는 해상에 설치된 항로표지 시설물, 부표등이 유실 또는 위치의 변화가 발생했을 경우 원격에서 즉시 정확한 위치를 확인하는 데 이용될 수 있으며, 해상에서 위치확인이 필요한 다양한 분야에서 적용이 가능할 것으로 사료된다. 본 연구에서는 6개의 case로 구분하여 분석을 실시하였으나, 향후 보다 세분화된 case로 분석하여 기준점과 관련된 각 요소와 위치 정확도 데이터와의 상관관계를 좀 더 명확하게 정의하는 연구가 수행되어야 할 것이다.

감사의 글

이 논문은 부산대학교 기본연구지원사업(2년)에 의하여 연구되었음.

References

1. Cho, Y. S., Lim, N. Y., Choi, S. G. and Jung, S. H., 2014, Acquisition of high resolution time series spatial information using UAV photogrammetry, Journal of Korea Geographic Information Society, Vol. 1, No. 4, pp. 107-108.
2. Hwang, D. Y., Kang, I. J., Park, D. H. and Kim, J. Y., 2016, Accuracy assessment of large-scale digital map using low-cost UAV, Korean Journal of Geomatics, Vol. 1, No. 1. pp. 207-209.
3. Kim, D. I., Song, Y. S., Kim, K. H. and Kim, C. W., 2014, A study on the application of UAV for Korean land monitoring, Korean Journal of Geomatics, Vol.32, No. 1, pp. 29-38.
4. Kim, S. S. and Shim, J. H., 2014, UAV-based pilot project for drought disaster monitoring, Journal of the Korean Society for Geospatial Information Science, Vol. 1, No. 1, pp. 235-236.
5. Kim, S. S., Goo, S. H. and Chun, Y. W., 2015, Operation strategy of UAV for disaster management, Journal of the Korean Society for Geospatial Information Science, Vol. 1, No. 1, pp. 165-166
6. Korea Hydrographic and Oceanographic Agency, 2015, Regulations on the operation of suro for the determination of offshore boundary, Research Report, Korea Hydrographic and Oceanographic Agency, Korea, pp. 2.
7. Lee, I. S., Lee, M. G., Kang, J. H. and Lee, J. W., 2013, Application of ultra-light UAV in cadastre, Korean Journal of Geomatics, Vol. 1, No. 4, pp. 181-183.
8. Lee, J. H., Choi, K. A. and Lee, I. P., 2012, Calibration of a UAV based low altitude multi-sensor photogrammetric system, Korean Journal of Geomatics, Vol. 30, No.1, pp. 31-38.
9. Lee, S. J. and Choi, Y. S., 2015, On-site demonstration of topographic surveying techniques at open-pit mines using a fixed-wing unmanned aerial vehicle (drone), Korean Journal of Rock Mechanics, Vol. 25, No. 6, pp. 527-533.
10. Na, S. I., Baek, S. C., Hong, S. Y., Lee, K. D. and Jang, G. C., 2015, A study on the application of UAV for the onion and garlic growth monitoring, Korean Journal of Soilscience and Fertilizer, Vol. 1, No. 1, pp. 225-225.
11. Sung, S. M. and Lee, J. W., 2016, Accuracy of parcel boundary demarcation in agricultural area using UAV-photogrammetry, Korean Journal of Geomatics, Vol. 34, No. 1, pp. 53-62.