

풍수해 모니터링을 위한 UAV 적용성 분석

Applicability Analysis of UAV for Storm and Flood Monitoring

김민규¹⁾ · 정갑용²⁾ · 김종배³⁾ · 윤희천⁴⁾

Kim, Min Gyu · Jung, Gap Yong · Kim, Jong Bae · Yun, Hee Cheon

Abstract

Recently, disasters are increasing rapidly due to global warming and abnormal weather conditions, and the scale of damage is also getting wider. In this study, the application of UAV is analyzed based on previous study about disaster and analysis of regulations for disaster. Also, this study is proposed application model to prepare, reponse and restoration from natural disaster to make use of the UAV. This UAV is quick and economic for existing technology, and available to various disaster monitoring. UAV application for disaster monitoring is able to support effective management of disaster by real time aerial monitoring for reponse from natural disaster and damage assessment.

Keywords : UAV, Storm and Flood, Monitoring, Damage Assessment

초 록

최근 지구 온난화와 이상기후로 인하여 자연재해로 인한 피해가 지속적으로 발생하고 있으며, 이로 인한 피해가 점차 대형화되고 있다. 본 연구는 기존 기술에 비해 신속하고 경제적이면서, 다양한 재난·재해에 활용이 가능한 UAV(Unmanned Aircraft Vehicle)를 통해 자연재해에 의한 피해를 효과적으로 대비, 대응 및 복구할 수 있는 활용모델을 제시하기 위한 선행연구로 기존 재해관련 연구사례와 국내 재해관련 규정 분석을 바탕으로 재해모니터링을 위한 UAV의 적용성을 분석하였다. 향후, 자연재해 모니터링을 위한 UAV의 활용은 재난·재해 대응관리 및 피해조사를 위한 실시간 공중모니터링을 가능하게 함으로써 재난·재해 대응 및 관리의 효율성을 향상시킬 것이다.

핵심어 : UAV, 풍수해, 모니터링, 피해조사

1. 서 론

지구 온난화와 이상기후로 인하여 태풍이나 집중호우 등의 자연재해로 인한 피해가 해마다 주기적으로 발생하고 있으며, 이로 인한 피해규모가 점차 대형화되고 있다. 이러한 자연재해를 효과적으로 대비, 대응 및 복구하기 위한 체계적이고 과학적인 정보체계 구축에 관한 연구가 국가나 지자체 유관 기관 등에서 수행되고 있다.

지형공간정보 취득을 위한 다양한 센서의 개발과 대용량의 자료처리가 가능한 컴퓨팅 기술의 발전으로 공간영

상정보에 대한 중요성이 부각되고 있으며, 다양한 관측시스템에서 취득된 영상정보를 활용하기 위한 연구가 이루어지고 있다. 그러나 사전 촬영계획에 따라 특정 영역 및 기간의 영상정보를 취득하는 기준의 위성이나 항공사진 기술은 자연재해의 발생시기가 비주기적이고, 피해지역의 현황조사가 신속하게 이루어져야 하는 점을 고려할 때, 효과적인 자연재해모니터링에 어려움이 있다. 반면 UAV의 경우, 재난 발생시 재난지역에 수시로 접근하여 비행고도에 따라 다양한 축척의 정사영상 취득이 가능하며 경사 촬영 및 동영상등 다양한 영상정보의 취득이 가능하기 때

1) 정희원 · 충남대학교 대학원 토목공학과 박사수료(E-mail:kmgtpq@paran.com)

2) 정희원 · 충남대학교 대학원 토목공학과 박사과정(E-mail:jungjusa@hanmail.net)

3) 정희원 · 충남대학교 대학원 토목공학과 박사수료(E-mail:kr3538@naver.com)

4) 교신저자 · 정희원 · 충남대학교 공과대학 토목공학과 교수(E-Mail:hcyoon@cnu.ac.kr)

문에 자연재해모니터링에 매우 효과적으로 활용할 수 있다.

UAV는 자동항법시스템이 탑재된 무인정찰기로서 이를 원격 통제할 수 있는 지상통제장비, 데이터통신 시스템, 그리고 지상지원장비로 구성된다.

화산활동과 지진 등으로 인한 자연재해의 발생이 빈번한 일본에서는 UAV를 활용하여 2000년 3월 훗카이도 우수산의 분화구 관측을 수행하였으며, 7월 미야케지마섬 오야마산을 관측함으로써 재해모니터링 분야에 UAV의 활용성을 제시하였다(김성삼 등, 2006). 유럽의 경우, 이기종 UAV를 이용하여 산불에 대한 탐지, 위치결정, 모니터링 등에 대한 연구를 수행하였으며(Sukhee O외, 2009), 미국은 허리케인 탐지를 위한 UAV개발을 수행하였다(National Oceanic and Atmospheric Administration, <http://www.noaa.gov/>).

국내 UAV 관련연구로 대상지역을 신속하고 경제적으로 관측할 수 있는 저고도 UAV시스템을 개발하여 영상자료를 취득하고, 기하보정과 영상모자이크 기법을 적용하여 영상지도를 제작하는 방안을 제시한 연구가 수행되었으며(유환희 등, 2006), 비디오 영상에서 프레임을 추출하고 KLT 연산자를 이용하여 추출된 특징점을 인접프레임에서 추적한 후 영상정합을 수행하여 연속된 비디오 영상을 영상등록하여 영상지도를 제작하였다(김성삼 등, 2007). 국가 주요 문화재를 대상으로 무인 헬리콥터 사진측량기법과 지상사진측량기법을 병행하여 문화재 관리정보시스템을 구축하는 연구도 이루어졌다(장호식, 2004).

본 연구에서는 실시간 공중자료 획득 시스템 개발 사업을 통해 개발 중인 UAV를 활용하여 자연재해에 의한 피해를 효과적으로 대비, 대응 및 복구할 수 있는 활용모델을 제시하기 위한 선행연구로 기존 재해관련 연구사례와 국내 재해관련 규정 분석을 바탕으로 UAV의 재해 유형별 적용 가능성을 제시하였다.

2. UAV 구성

현재 개발 중인 UAV는 기존의 위성영상이나 항공사진에 비하여 신속하고 경제적이면서, 다양한 재난·재해에 다목적 활용이 가능하도록 하여 국토변화에 대한 즉각적 대응 체계를 구축하여 재난·재해 대응 관리의 효율성 제고를 목적으로 한다.

탑재체로는 Schiebel 사의 Camcopter S100모델을 선정하여 개발하고 있다. Camcopter S100모델은 회전익 무인기로 이동성과 운용성이 뛰어나고 안전하게 근접촬영이 가

능한 안정된 비행 특성을 가지고 있다. 그림 1은 Camcopter S100을 나타낸다.

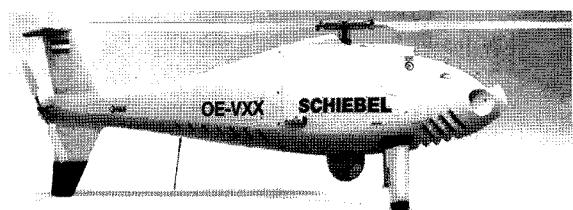


그림 1. Camcopter S100

또한 비행의 안정성과 운용 효율 향상을 위해 GPS-IMU 장비를 탑재하였으며, 디지털 카메라와 레이저스캐너 센서를 탑재하였다. 그림 2는 UAV 시스템의 구성이며, 표 1에 UAV 시스템 구성 장비를 정리하였다.

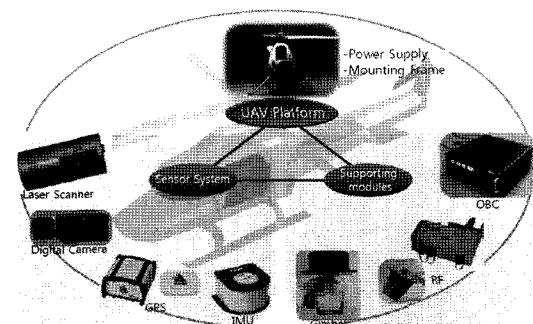


그림 2. UAV 시스템 구성

표 1. UAV 시스템 구성 장비

구 분	모 델
UAV	Camcopter S100
IMU	HG1700
소형 GPS-IMU	MTi-G
메인카메라	XMV-16M
보조카메라	GD-series
레이저스캐너	LMS-Q240i

3. 재해모니터링 연구사례 분석

본 연구에서는 현재 개발 중인 UAV의 재해 유형별 적용 가능성을 분석하기 위해 기존 재해관련 연구사례를 분석하였다.

3.1 하천 및 내수재해

손홍규 등(2003)은 홍수피해 전의 QuickBird 영상과 홍수피해 후의 SPOT-5 영상을 비교하여 하천범람 피해지역 분석에 광학 위성의 활용 가능성을 평가하였다. 연구 결과, 홍수 후 피해도로의 복구가 상당부분 이루어진 것을 확인할 수 있었으나 SPOT-5영상의 낮은 해상도로 인하여 정확한 피해조사가 불가능하였다.

이명진 등(2009)은 1997년 11월과 1998년 8월의 RADARSAT SAR 영상, 2000년 5월의 Landsat 영상을 이용하여 침수 피해 지역을 조사하였다. 1998년 8월의 RADARSAT SAR 영상은 홍수피해가 발생한 시점에 근접한 시각에 촬영된 영상으로, 영상처리 및 분석을 통해 비교적 수역의 구분이 용이하게 이루어졌다. 1997년 11월 RADARSAT SAR 영상과 중첩 비교하였을 때와 Landsat 영상과 중첩 비교하였을 때 침수 피해지역의 추출이 가능하였다.

김경탁 등(2007)은 침수 전·후 SAR 영상의 칼라합성을 통해 침수지역을 추출하고, 침수실적도와 비교를 수행하였다. 그 결과 침수실적도와 침수구역은 유사하게 나타난 반면 침수면적에서 큰 차이가 발생하였다. 따라서, 정확한 피해조사를 위해서는 최대 피해 발생시점의 영상이 요구된다.

기존 연구 사례에서 살펴본 바와 같이 위성영상을 활용한 하천 및 내수 재해모니터링은 피해지역의 영상의 분류와 피해 전·후 영상의 변화탐지를 통해 가능하다. 다만 영상의 해상도와 촬영주기에 따른 제약이 있으며, 이로 인해 피해면적 산정이나 피해액 산출 시 실제와 차이가 발생할 가능성이 있다.

상습적인 피해지역의 경우 피해이력을 참고하여 집중 관리지역으로 설정하고, UAV를 활용한 지속적인 데이터 구축을 통해 재해 발생 시 정확한 피해조사가 가능하며, UAV를 활용하여 피해확산 양상의 파악 및 피해예상 지역에 대한 예보 및 경보가 가능할 것으로 판단된다.

3.2 사면 및 토사재해

이창우 등(2009)은 산지토사재해지를 대상으로 항공영상을 촬영하였으며, 피해면적을 인력에 의한 현지측량방법과 항공사진을 이용한 입체판독방법을 이용하여 비교·분석하였다. 비교 결과, 항공측량면적이 현지측량면적보다 크게 조사되었으며, 이는 지형이 복잡한 수지상 산사태의 경우 시야가 확보되지 않아 현지측량결과가 현저한 과소치를 보인 것으로 파악되었다. 이와 같이 항공사진

은 현지에서 조사하기 힘든 부분을 신속·정확히 파악할 수 있는 장점을 가지고 있지만, 구름상황 등 일기의 제약을 강하게 받으며, 촬영각도에 따른 수목 등의 간섭으로 현지 조사에서는 얻을 수 있는 자료를 놓칠 수 있는 단점도 가지고 있다. 따라서 산지토사재해지 조사는 항공촬영에 의한 조사뿐만 아니라 현지조사와 항공 LiDAR 영상자료 등을 활용한 종합적 조사와 분석이 이루어져야 할 것이다.

곽영주 등(2005)은 지상라이다를 이용하여 사면에 대한 Face mapping을 통해 사면의 정확한 외형을 취득하였으며, 그 결과를 외적 안정성 평가의 기준으로부터 붕괴발생 사면정보로 활용 가능한 자료로 변환하였다. 향후 개발될 GIS시스템에서 현장결과를 정확히 활용하여 재해점검시의 판단을 공유하고 중앙관제 시스템의 사면전문가의 의견을 상호 교환함으로써 위험 사면관리가 가능할 것이다.

지상라이다를 활용한 사면재해모니터링은 피해예상지역의 3차원 데이터를 획득하여 피해발생 후의 데이터와의 비교를 통해 가능하다.

항공사진, 항공라이다, 위성영상을 활용하는 경우는 피해지역의 영상 분류와 피해 전·후 영상의 변화탐지를 통해 재해모니터링을 수행한다.

피해지역의 경우, 지상라이다 설치 위치와 반사강도에 제약이 있으며, 이로 인해 피해면적 산정이나 피해액 산출 시 실제와 차이가 발생할 가능성 있다. 항공사진, 항공라이다, 위성영상을 활용한 토사재해모니터링은 영상의 해상도와 촬영시기에 따른 제약이 있으며, 이로 인해 피해면적 산정이나 피해액 산출 시 실제와 차이가 발생할 수 있다.

3.3 해안 및 바람재해

J. Shanmugasundaram 등(2000)은 리히터 규모 9의 지진과 함께 동반된 쓰나미 피해를 위성영상의 원격탐사 기술과 다른 여러 매핑 기술을 이용한 모니터링을 수행하였다. 비교적 관측이 쉬운 심각한 피해를 입은 빌딩들의 피해정도를 고해상도 위성영상을 이용하여 비교·평가하였으며, 피해지역에 Kinematic GPS를 이용하여 위치 정보를 조사하고 건물피해를 나타내는 사진과 재해 후의 위성영상을 이용하여 피해를 평가하였다. 그러나 건물의 지붕이 손상되지 않은 경우에는 위성영상을 통한 조사가 불가능하다.

항공사진, RTK-GPS, 위성영상 등을 활용한 해안재해모니터링은 피해예상지역의 3차원 데이터를 획득하여 피해 발생 후 데이터와의 비교를 통해 피해조사가 가능하다.

센서를 이용한 바람재해모니터링의 경우, 현재까지는 피해사진만을 촬영하고 기록하는 정도의 연구만이 이루

어지고 있는 상황이다.

해안재해로 인한 피해는 단기간에 발생되는 경우도 있으나, 대부분 오랜 기간에 걸쳐 발생되는 재해이므로 지속적인 조사 및 관리가 필요하다.

일반 디지털 카메라를 이용한 바람재해모니터링은 영상의 특성상 이를 이용한 피해면적 산정이나 피해액 산출 시 매우 부정확한 자료가 될 가능성이 있다.

4. 국내 풍수해 관련 규정 분석

본 연구에서는 풍수해 모니터링을 위한 UAV 적용성 분석을 위해 소방방재청의 풍수해저감종합계획 세부수립기준을 분석하였다.

4.1 풍수해 유형

풍수해는 풍해와 수해로 나눌 수 있다(국가기록원, <http://contents.archives.go.kr/>). 풍해는 넓은 뜻으로 바람에 의한 모든 재해를 말하며, 좁은 뜻으로는 강풍 및 강풍의 급격한

표 2. 풍수해 유형별 내용

유형	기본 설계단계
하천재해	호안의 유실, 제방의 붕괴, 하상안정시설의 유실, 제방도로의 피해, 하천횡단구조물의 피해, 외수에 의한 범람피해, 댐, 저수지 등의 붕괴피해 등
내수재해	집중호우에 의해 저지대 침수, 외수위 영향으로 인한 피해, 우수유입시설 문제로 인한 도로 침수, 강제배제시설 문제로 인한 재해, 노면의 유치적 문제에 의한 재해 등
사면재해	지반활동으로 인한 붕괴, 절개지와 경사면 등의 배수시설 불량에 의한 사면붕괴, 옹벽 등 토사 유출방지시설의 미비로 인한 피해, 사면의 과도한 굴착 등으로 인한 붕괴, 급경사지 주변에 피해유발 시설 배치, 유지관리 미흡으로 인한 피해 가중 등
토사재해	산지침식 및 홍수피해, 하천시설 피해, 도시 지역내수침수, 하천 통수능 저하, 저수지의 저수능 저하 및 이·치수 기능 저하, 하수폐쇄로 인한 홍수위 증가, 농경지 피해, 양식장 피해 등
해안재해	파랑·월파에 의한 해안시설 피해, 하수구 역류 및 내수배제 불량으로 인한 침수, 해일 및 월파로 인한 내측 피해, 해안 침식 등
바람재해	강풍에 의한 피해, 건조풍이나 조풍에 의한 피해, 빌딩 풍해 등

풍속변화에 의해 발생하는 강풍피해를 의미한다. 수해는 강한 비나 다량의 강우로 인해 발생하는 재난의 총칭. 형태에 따라 홍수해, 침수해, 산사태, 관수, 토석류 등이 있다.

풍수해저감종합계획 세부수립기준 상의 풍수해 유형은 하천재해, 내수재해, 사면재해, 토사재해, 해안재해, 바람재해 등으로 나뉜다. 표 2에 풍수해 유형별 내용을 정리하였다.

풍수해저감종합계획 세부수립기준의 풍수해 유형은 하천, 내수, 사면, 토사, 해안, 바람의 6가지로 구분되며, 각 유형별로 세부적인 피해내용을 기술하고 있다. 본 연구에서는 UAV의 적용성 분석을 위해 각 유형별 피해내용을 구분하였으며, 그 내용을 표 3에 제시하였다.

표 3. UAV 적용성 분석을 위한 재해 유형별 피해내용

재해유형	피해종류
하천재해	구조물 유실 및 붕괴, 하천 범람
내수재해	저지대 침수, 지하공간 침수
사면재해	사면의 유실 및 붕괴, 낙석
토사재해	하천 및 저수지 통수능 저하, 저류능력 저하, 양식장 피해
해안재해	해안의 침수 및 침식
바람재해	시설물 및 구조물 파손

4.2 위험지구 선정

풍수해위험지구는 태풍·호우·강풍 등으로 인명피해 또는 시설물의 붕괴·유실·침수 등의 재산피해가 발생할 우려가 있는 지구로 정의된다. 유형별 풍수해예상지역을 토대로 풍수해위험지구 후보지를 선정한다.

위험지구는 풍수해 유형별로 하천재해 위험지구, 내수재해 위험지구, 사면재해 위험지구, 토사재해 위험지구, 해안재해 위험지구, 바람재해 위험지구, 기타재해위험지구 등으로 구분한다.

위험지구 후보지는 기초현황 조사 자료를 토대로 과거 풍수해 발생 지역과 과거 풍수해 발생 이력은 없으나 풍수해 발생이 예상되는 지역을 선정한다. 표 4에 위험지구 후보지 선정을 위한 재해 예상지역 중 일부를 나타낸다.

과거 풍수해 발생지역과 같은 재해 예상지역에 대한 지속적인 데이터 구축에 UAV의 활용이 가능하며, 이를 통해 구축된 데이터의 분석을 통해 재해 위험지구 선정을 효과적으로 수행할 수 있을 것이다.

표 4. 재해 예상지역

유형	예상지역
하천재해	<ul style="list-style-type: none"> 하천정비계획이 수립되었으나 정비사업이 미시행된 지역 기본계획이 수립되지 않은 하천지역으로서 현지조사 및 공학적 판단 등에 따라 위험이 존재하는 지역
내수재해	<ul style="list-style-type: none"> 하천의 계획홍수위 보다 제내지의 지반고가 낮은 저지대 주거지역 중에서 배수펌프장 등의 강제배제시설이 설치되지 않은 지역 배수펌프장, 우수관거의 내수배제용량이 현재 시설기준에서 정하는 기준에 미달하는 지역
사면재해	<ul style="list-style-type: none"> 자연재해위험지구 중 봉괴위험지구 계곡부 산지하천 주변의 토석류 유출이 우려되는 지역 향후 급경사지 조성으로 위험요인이 발생할 우려가 있는 개발예정지역 등
토사재해	<ul style="list-style-type: none"> 산사태 위험등급 구분도에서 1등급으로 판정된 지역 도시 및 택지개발, 단지조성, 도로건설, 골프장 건설 등 공사중 토사유출이 예상되는 지역 등 준설계획이 수립되지 않은 사방댐의 하류 하천 지역
해안재해	<ul style="list-style-type: none"> 대조평균만조위 보다 지반고가 낮은 저지대 주거지역 매립지중 역류방지 시설, 강제 배수펌프장 등 재해방지시설이 설치되지 않은 지역 배수펌프장, 우수관거의 내수배제용량이 현재 시설기준에서 정하는 기준에 미달하는 지역
바람재해	<ul style="list-style-type: none"> 송전탑, 대형 광고시설물, 교량, 도로 시설물 등이 설치된 지역 중에서 방풍설비가 미비하여 피해가 예상되는 지역

4.3 위험요인 분석

풍수해 위험요인 분석은 과거 피해 발생원인 조사 등을 토대로 장래에도 피해 발생이 가능한 잠재적 위험요인을 파악하고 이와 같은 위험요인으로 인한 피해유발 규모를 분석하는 것이다. 풍수해 유형에 따른 위험요인 분석을 표 5에 정리하였다.

풍수해 위험요인 분석에서는 위험요인 분석을 위한 현지조사를 대신하여 UAV를 통해 취득된 데이터의 활용이 가능하며, 사면이나 급경사지와 같이 접근이 힘든 지역의 위험요인 분석에 효과적일 것이다.

표 5. 재해 위험요인 분석

구분	방법
공통	<ul style="list-style-type: none"> 재해 위험지구를 현지조사 및 주민설문조사 등과 같은 조사와 관련계획 검토 및 기술적인 검토 등의 분석을 통하여 위험요인을 도출
내수재해	<ul style="list-style-type: none"> 위험요인이 간단하게 파악되지 않는 경우에는 도시유출모형의 적용을 통하여 우수처리시스템의 평가를 실시하고 위험요인을 도출
사면재해	<ul style="list-style-type: none"> 급경사지(자연비탈면, 인공비탈면, 옹벽 및 석축)에 대한 현지조사 및 주민설문조사 등과 같은 조사
토사재해	<ul style="list-style-type: none"> 토사재해에 의한 피해는 산지침식 및 홍수 피해, 하천시설 피해, 도시지역내수침수, 하천 통수능 저하, 저수지의 저류능력 저하 및 이·치수 기능 저하, 하구폐쇄로 인한 홍수위 증가, 농경지 및 양식장 피해 등이 있음
해안재해	<ul style="list-style-type: none"> 기타 연안 시설의 피해 원인 및 대책 수립을 위한 위험성 분석에 있어서 현지조사 및 관련계획 조사만으로는 그 원인 및 대책수립이 불분명한 경우, 해당 시설의 피해원인 및 대책 수립을 위한 위험요인 분석을 개별적 재해 특성에 맞추어 실시
바람재해	<ul style="list-style-type: none"> 강풍에 의한 시설별 피해현황 및 원인을 피해시설, 피해 발생 유형, 피해 발생 원인 별로 구분하여 분석하며, 기상관측소별 최대 풍속 및 풍향을 조사하여 대상지역의 풍속 및 풍향의 경향을 파악하여 분석을 실시 기상청에서 제공하는 전국 바람지도 등 기상정보를 활용하여 지역특성에 맞는 위험요인을 분석

5. UAV 적용성 분석

본 연구에서는 기존 재해관련 연구 및 국내 재해 관련 규정 분석을 수행하였으며, 이를 통해 풍수해 유형별로 피해 종류를 구분하고 UAV의 적용성을 분석하였다.

5.1 재해 유형별 고려사항

5.1.1 하천재해

하천재해는 호안 유실, 제방 붕괴 · 유실 및 변형, 하상

안정시설 유실, 제방 도로 피해, 댐·저수지 등의 붕괴, 하천 횡단 구조물의 피해 등이 있으며, 이로 인한 피해는 크게 구조물 유실 및 붕괴와 하천 범람으로 구분된다.

구조물 유실 및 붕괴의 경우, 피해 전·후의 구조물 판독이 가능한 고해상도 영상의 취득이 필요하며, 피해 구조물을 추출 및 분석함으로써 피해조사에 적용이 가능할 것이다. 하천 범람의 경우, 범람 전·후 영상을 통해 범람 면적을 산출하고, 토지이용현황도와 같은 자료의 연계를 통해 재해지역의 토지이용현황별 피해조사가 가능할 것이다.

5.1.2 내수재해

내수재해는 우수관거 관련 문제로 인한 피해, 외수위 영향으로 인한 피해, 배수펌프장 시설 문제로 인한 피해, 노면 및 위치적 문제에 의한 피해, 우수유입 시설 문제로 인한 피해, 이차적 침수 피해 증대 및 기타 관련 피해로 구분되며 크게 저지대 침수와 지하공간 침수로 대별된다.

저지대 침수의 경우, 피해조사를 위해 침수 전·후의 고해상도 영상의 취득이 필요하며, 영상처리를 통해 구축된 정사영상을 이용한 피해조사가 가능하다. 다만 건물 내부 및 지하공간 침수의 경우, UAV의 적용이 불가능할 것으로 판단된다.

5.1.3 사면재해

사면재해는 절개지, 경사면 등의 배수시설 불량에 의한 사면붕괴, 옹벽 및 토사유출방지시설의 미비로 인한 피해, 사면의 과도한 굴착 등으로 인한 붕괴, 급경사지 주변에 피해유발시설 배치, 유지관리 미흡으로 인한 피해 가중, 지반 활동으로 인한 붕괴 등으로 구분되며, 이로 인한 피해는 크게 구조물 유실 및 붕괴와 낙석피해가 있다.

사면의 유실 및 붕괴와 낙석 피해조사는 피해 전·후의 구조물 판독이 가능한 고해상도 영상의 취득과 함께 피해 구조물의 추출 및 분석이 필요하다.

5.1.4 토사재해

토사재해는 산지침식 및 홍수 피해, 하천시설 피해, 하천 통수능 저하, 저수지의 저수능 저하 및 이·치수 기능 저하, 하수폐쇄로 인한 홍수위 증가, 도시지역 내수침수, 농경지 피해, 양식장 피해 등으로 나뉘며, 이로 인한 피해는 하천 및 저수지 통수능 저하와 저류능력 저하, 농경지 침수 및 퇴적, 토사의 양식장 유입으로 구분된다.

하천 및 저수지 통수능 저하와 저류능력 저하의 경우, 피해 전·후의 시설물 판독이 가능한 고해상도 영상의 취득

과 피해 시설물의 추출 및 분석이 필요하다. 농경지 침수 및 퇴적의 경우, 침수 및 토사 유입 전·후 영상을 토지이용현황도와 중첩 분석함으로써 낙석지역에 대한 피해조사가 가능하며, 토사의 양식장 유입의 경우에는 UAV를 활용한 피해조사가 불가능할 것으로 판단된다.

5.1.5 해안재해

해안재해는 파랑·월파에 의한 해안 시설 피해, 해일 및 월파로 인한 내측 피해, 하수구역류 및 내수배제불량으로 인한 침수, 해안 침식 등으로 구분되며, 이로 인한 피해는 해안의 침수 및 침식으로 나눌 수 있다.

해안 침수 및 침식의 경우, 피해 전·후 해안의 변화 판독이 가능한 고해상도 영상의 취득을 통해 피해 구조물을 추출 및 분석함으로써 피해조사가 가능할 것이다.

5.1.6 바람재해

바람재해는 강풍에 의한 피해, 건조풍이나 조풍에 의한 피해, 빌딩 풍해 등으로 구분되며, 이로 인한 피해는 시설물 및 구조물 파손을 들 수 있다.

시설물 및 구조물 파손의 경우, 피해 전·후 대상물의 변화 판독이 가능한 고해상도 영상에 의한 피해조사가 필요하다.

5.2 재해 유형별 UAV 적용성 분석

본 연구에서는 기존 재해 관련 연구사례 조사와 국내 재해 관련 규정 분석을 수행하여 통해 풍수해 유형별 피해종

표 6. 재해 유형별 UAV의 적용성

재해 유형	피해 종류	UAV 적용	비고
하천 재해	하천범람	가능	하천 범람 전·후 영상의 비교를 통해 피해조사 가능
	구조물 유실 및 붕괴	가능	피해지역 영상을 통해 제방 및 득 붕괴 지점의 판독 및 주변지역의 피해조사 가능
내수 재해	저지대 침수	제한적	침수지역의 영상을 통해 피해조사 가능 건물 내부 침수의 경우 UAV 적용 불가능
	지하공간 침수	불가능	지하공간 침수의 경우 UAV 적용 불가능
사면 재해	사면의 유실 및 붕괴	가능	사면의 유실 및 붕괴 전·후 영상 비교를 통해 피해조사 가능

재해 유형	피해 종류	UAV 적용	비 고
사면 재해	낙석	가능	낙석 예상지역의 시계열적 영상을 통한 낙석 탐지와 재해 전·후 영상을 통한 지점 및 주변지역의 피해조사 가능
토사 재해	하천 및 저수지 통수층 저하, 저류능력 저하	가능	토사 유출된 하천 및 저수지의 영상을 통해 피해조사 가능
	농경지 침수 및 퇴적	가능	농경지의 침수 및 퇴적 전·후 영상 비교를 통해 피해조사 가능
	토사의 양식장 유입	제한적	하저·해저공간 토사유출의 경우 UAV 적용 불가능
해안 재해	해안의 침수 및 침식	가능	해안의 상습 침수 및 침식 지역을 대상으로 시계열적 영상을 이용한 변화 탐지와 재해 전·후 영상을 통한 지점 및 주변지역의 피해조사 가능
바람 재해	시설물 및 구조물 파손	가능	바람에 의한 시설물 및 구조물의 파손 발생 가능 지역을 대상으로 시계열적 영상을 이용한 변화 탐지와 재해 전·후 영상을 통한 지점 및 주변지역의 피해조사 가능

류를 구분하였다. 이를 통해 재해 유형별 UAV 적용성을 제시하였으며, 결과를 표 6에 정리하였다.

향후, 풍수해 모니터링을 위한 UAV 활용모델 개발을 위해서는 재해 유형별 특성 분석과 함께 개발 중인 UAV의 성능 분석이 함께 이루어져야 할 것으로 사료된다.

6. 결 론

본 연구는 UAV 재해 활용모델 제시를 위한 선행연구로 재해모니터링 관련 사례 조사와 국내 재해관련 규정 분석을 통하여 재해 유형에 따른 재해모니터링을 위한 UAV의 적용성을 분석하였다.

분석 결과, 하천재해의 경우 하천범람과 구조물 유실 및 붕괴 항목에서 UAV를 적용한 피해조사의 수행이 가능하며, 내수재해는 내부 침수를 제외한 저지대 침수에 제한적으로 활용할 수 있음을 파악하였다. 또한 사면 및 토사재해의 경우, 사면의 유실 및 붕괴, 낙석과 하천 및 저수지 통수능 저하, 농경지 침수 및 퇴적은 피해조사의 수행이 가능하나, 토사의 양식장 유입은 하저 및 해저공간의 토사유출 부분에 있어서 UAV를 적용하는 것이 불가능할 것이다. 그리고 해안 및 바람재해는 해안의 침수 및 침식, 시설물 및 구조물

파손의 경우에 UAV의 적용을 통한 피해조사의 수행이 가능한 것으로 분석되었다.

향후, 자연재해 모니터링을 위한 UAV의 활용은 효율적인 재난·재해 대응관리를 위한 실시간 공중모니터링을 가능하게 함으로써 재난·재해 대응 및 관리에 크게 활용될 것이다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부 첨단도시기술개발사업·지능형 국토정보기술 혁신 사업과제의 연구비지원(07국토정보 C03: 실시간 공중자료획득시스템 개발)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- 강성봉 (2004), 위성영상과 GIS를 이용한 도시관리정보 체계 구축, 박사학위논문, 경상대학교 대학원.
- 곽영주, 장용구, 강인준 (2005), 사면재해 평가의 3차원 스캐닝 기법적용, 한국지형공간정보학회논문집, 한국지형 공간정보학회, 제 13권, 제 2호, pp. 45-50.
- 김경탁, 김주훈, 박정술, 변인경 (2007), WMS와 RADARSAT SAR 영상을 이용한 유역 침수구역 분석, 한국지리정보학회지, 한국지리정보학회, 제 10권, 제 3호, pp. 1-12.
- 김성삼, 신성웅, 김의명, 유환희 (2007), 영상지도제작을 위한 항공 비디오 영상 등록, 한국측량학회지, 한국측량학회, 제25권, 제4호, pp. 279-287.
- 김성삼, 심재현, 손홍규, 유환희 (2006), 저고도 UAV를 이용한 자연재해 모니터링, 2006년 한국공간정보시스템 학회 추계학술회의 논문집, 한국공간정보시스템학회, pp. 221-226.
- 남병호 (2004), 레이더 위성영상을 이용한 홍수피해 분석에 관한 연구, 석사학위논문, 울산대학교 대학원.
- 손홍규, 윤공현, 이정빈, 심재현, 최우경 (2007), 위성영상 을 이용한 풍수해 피해규모 산정에 관한 연구, 추계학술 대회 논문집, 대한원격탐사학회, pp. 306-310.
- 손홍규, 장훈, 송영선 (2003), 위성영상과 수치지도자료를 이용한 홍수지역 현황 분석, 추계학술대회 논문집, 한국GIS학회, pp. 35-39.
- 유환희, 박장환, 심재현, 김성삼 (2006), 저고도 활동시스템 을 이용한 영상지도 제작, 한국지형공간정보학회지, 한

- 국지형정보학회, 제14권, 제1호, pp. 37-47.
- 이명진, 명수정, 전성우, 원중선 (2009), 레이더 위성영상을 활용한 침수피해 지역 파악 및 완화방안 연구, 환경정책 연구, 한국환경정책·평가연구원, 제 8권, 제 2호, pp. 1-23.
- 이창우, 우충식 (2009), 항공사진 및 LiDAR 자료와 GIS기법을 이용한 산지토사재해 조사, 월간 산림, 산림조합, 2009년 7월호, pp. 92-95.
- 장호식 (2004), 무선조정 헬리콥터 사진측량시스템을 이용한 문화재 관리 정보시스템 구축, 박사학위논문, 부경대학교.

- Sukhee O., 유환희 (2009), UAV를 이용한 재해모니터링 비즈니스모델 사례 연구, 한국지형공간정보학회 학술대회, 한국지형공간정보학회, pp. 320-321.
- Shanmugasundaram, J., Arunachalam, S., Gomathinayagam, S., Lakshmanan, N. and Harikrishna, P. (2000), Cyclone damage to buildings and structures - a case study, *Journal of Wind Engineering*, Vol. 84, pp. 369-380.
- 국가기록원, <http://contents.archives.go.kr/>
- National Oceanic and Atmospheric Administration, <http://www.noaa.gov/>

(접수일 2010. 12. 20, 심사일 2010. 12. 21, 심사완료일 2010. 12. 28)