

# GSIS 다중자료를 이용한 산불피해 분석에 관한 연구

## Study on Disaster Prevention and Monitoring System for Forest Fire Using Multi-Source GIS Data

이강원<sup>1)</sup> · 강준목<sup>2)</sup>

Lee, Kang Won

<sup>1)</sup>공학박사 · 한진정보통신 상무(E-mail:klee@hist.co.kr)

<sup>2)</sup>충남대학교 토목공학과 교수

### 요 약

최근의 동남아시아 발생한 지진해일(쓰나미)과 미국 뉴올리언즈 지역의 허리케인으로 등의 재난으로 인해 막대한 인명과 경제적 피해가 전세계적으로 빈번히 발생하고 있다. 우리나라도 폭설과 태풍, 산불로 인한 피해가 해마다 증가하고 있는 실정이다. 본 연구에서는 '05년 양양지역의 대규모 산불재해지역을 중심으로 항공레이저측량, GPS/INS항공 사진측량 등의 다중센서를 이용하여 GIS자료를 취득하였다. 이를 통해 수치지형도, 수치고도모형, 수치외관모형, 디지털 영상, 근적외선 영상을 처리하였으며, 과거 항공사진자료와의 비교 분석을 통해 정확한 피해면적과 피해량, 향후 산사태가 발생할 수 있는 지역 예측 및 식생에 대한 피해정도와 회생가능성을 분석하였다.

### 1. 서 론

최근 들어 지구 온난화를 비롯한 지구환경변화와 기상이변 등으로 인한 자연재해가 전세계적으로 빈번하게 발생하고 있다. 특히 2004년 22만명의 인명 손실이 발생한 동남아 지진해일(쓰나미)로 인하여 현재까지도 복구가 이루어지지 않고 있는 실정이다. 또한 2005년 8월에 미국에서 발생하였던 허리케인 카트리나의 경제적인 피해규모는 약 100조원에 이르는 등 상상을 초월하고 있는 실정이다. 특히 산불로 인한 피해는 다른 재해에 비하여 홍수 및 산사태, 자연환경의 변화 등 2차 피해로 연결됨으로써 문제의 심각성이 더욱 증가하고 있다. 산불로 인한 피해 흔적 조사

및 복구를 위하여 정확한 피해지역과, 그 면적, 피해량을 조사하여야 함에도 불구하고, 산불 피해지역이 대부분 사람이 접근하기 어려운 산악지대에 위치하고, 또한 피해면적이 광역이기 때문에 정확한 피해지역 및 면적, 피해량을 산출하는데 한계를 느껴온 것이 사실이다.

따라서 본 연구에서는 측량분야에 있어서 지형공간정보체계의 다중자료인 GPS/INS, 레이저 측량 등 최신 기술들을 이용하여 수치지형도, 수치표고모형, 수치외관모형, 디지털 영상, 근적외선 영상 등 다양한 GIS 다중자료를 취득하여 양양지역에 대한 다각적인 분석을 통해 산불피해량을 정량적·정성적인 분석을 수행하였다. 이를 위해 공통적인 자료로는 축척

1:5,000 수치지형도를 사용하였으며, 산불 발생 전의 자료로는 항공사진과 위성영상을 이용하여 광범위하고 직접적인 조사가 어려운 피해지역의 분석을 시도하였다. 또한 근적외선 영상을 이용하여 해석적인 피해량 산정방법의 검토, 항공 LiDAR를 적용하여 신속하고 고정밀의 DEM을 취득하고 분석함은 물론, 수목에 의한 반사도를 이용하여 산불 발생 후의 수목의 반사량을 분석하고 이를 현지에서 직접 조사한 자료를 이용해 검증함으로써 수목의 피해량 관측에 LiDAR의 활용 가능성을 시도해 보았다. 또한 LiDAR지형자료와 수치지형도의 등고선 자료층(layer)을 비교하여 홍수, 산사태와 같은 2차 피해위험지역을 산정하였다. 본 연구의 수행 흐름은 그림 1과 같다.

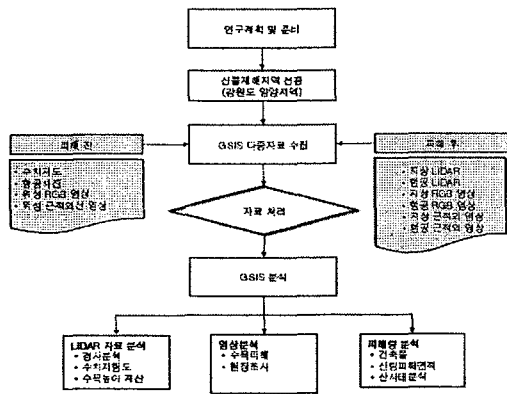


그림 1. 연구흐름

## 2. 자료 취득 및 처리

### 2.1 연구대상지역

본 연구의 연구대상지역은 2005년 4월 4일~5일 강원도 양양 산불지역으로 양양읍과 강현면 지역의 21개소의 법정리 지역이다. 이 지역은 산불당시 산악주변의 최저 습도는 20% 미만이었으며, 이 당시 평균풍속 12~13m/s에 순간최대풍속이

22.5m/s로서 헬기가 진화작업을 못 할 정도의 강풍이 불었다. 지역의 고도분포는 전체 지역의 67.4% 정도가 100m 이하의 구릉지를 포함하고 있으며, 경사도는 20° 미만인 지역이 67.8%인 지역이다.

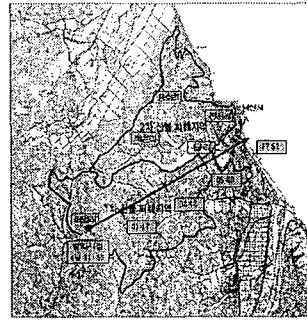


그림 2. 연구대상지역

### 2.2 자료의 취득

본 연구에서 사용된 자료는 크게 위성영상 및 항공사진과 같은 영상자료와 축척 1:5,000 수치지형도, 해당지역의 DEM 및 DSM을 얻기 위한 LiDAR 자료와 마지막으로 실제 수목의 피해를 현장에서 조사한 현장조사 자료로 구분할 수 있다.

산불피해전의 항공사진은 국토지리정보원이 1997년 4월 7일 촬영한 것으로 해상도는 40cm이며, 위성영상은 2000년 촬영된 해상도 1m의 IKONOS 영상을 사용하였고 모두 지형에 대하여 정사보정 처리를 하였다.

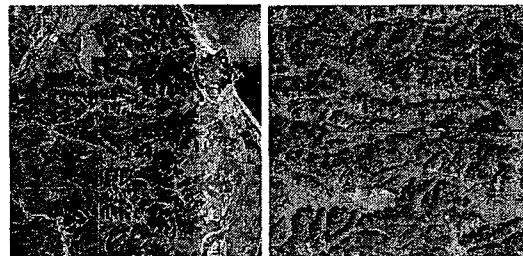


그림 3. 산불전 영상자료(항공사진, IKONOS(근적외))

산 불 피해 이후의 영상으로는 GPS/INS 방식으로 촬영되어 정사보정된 해상도 20cm의 항공 RGB 영상과 디지털 카메라에 근적외선 필터를 장착하여 촬영한 해상도 30cm의 근적외 영상을 사용하였다. 지상에서 촬영된 영상은 니콘의 F90 카메라를 베이스로 코닥사의 디지털 이미지팩을 조합한 AF SLR 디지털 카메라로 촬영하였다.

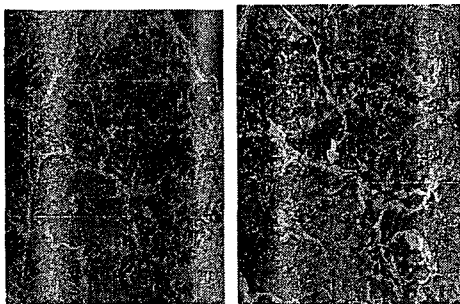


그림 4. 산불후 영상자료(항공사진, 항공디지털적외선사진)

LiDAR데이터는 항공기 및 지상에서 측정되었다. 항공 LiDAR 자료는 ALTM 3070 장비를 이용하여 현시성있는 자료를 위해 산불이 발생한 직후에 측정되어 지상의 지형지물에 대한 3차원 위치정보를 취득하였다. 지상 LiDAR데이터는 의상대와 주변 수목의 3차원 관측에 이용되었다.

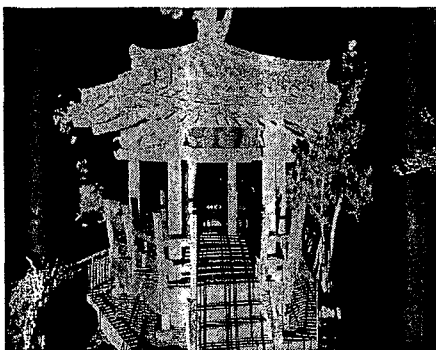


그림 5. 의상대(지상라이다)

## 2.3 자료의 처리

산불 피해지역에 대한 정량적인 분석을 수행하고 이를 통한 신속 정확한 복구 활동 지원체계를 수립하기 위하여 본 연구에서는 항공기에 멀티 센서를 탑재하여 취득한 산불 전·후 데이터를 취득하였다. 산불전 데이터로는 1:5,000 수치지형도와 이를 제작하기 위하여 촬영한 1:20,000 흑백항공사진을 이용하였으며, 산불후 데이터로는 LiDAR 데이터와 근적외선 디지털 영상, GPS/INS 방법에 의한 1:10,000 칼라 항공사진을 이용하였다.

### 2.3.1 산불전 데이터

연구 대상지역에 대한 산불전의 산림 현황 및 면적 산출 등을 목적으로 '97년 4월에 촬영된 흑백 항공사진을 스캐닝하여 디지털화 하였다. 또한 효과적인 분석을 위하여 1:5,000 수치지형도를 이용하여 수치표고자료(DEM)을 제작한 후에 항공사진을 이용한 수치정사사사진을 제작하였다.

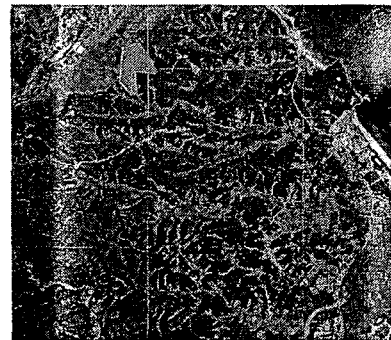


그림 6. 산불피해전의 흑백 수치정사사진

### 2.3.2 산불후 데이터

#### 1) LiDAR 데이터

산불 피해지역에 대한 LiDAR 데이터 취득은 산불이 일어난 직후에 실시하였으

며, 작업의 효율성을 고려하여 구역별로 실시하였다. 원시 LiDAR 데이터의 포인트 밀도를  $3\text{point}/\text{m}^2$  간격으로 유지하여 고해상도로 취득하였다. 취득한 데이터를 이용하여 DEM(Digital Elevation Model)과 DSM(Digital Surface Model)을 제작하고, 수목 높이를 비롯한 피해지역의 단면 분석 등 각종 지형분석을 실시하였다.

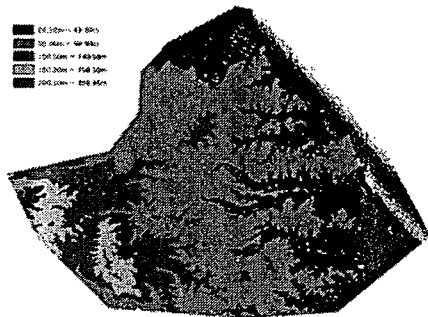


그림 7. LiDAR 데이터(높이분포도)

## 2) 항공사진 및 근적외선 영상

산불 피해지역에 대한 면적과 전소된 건축물을 파악하기 위하여 2005년 4월 13일 한진정보통신(주)에서 보유한 GPS/INS 항공사진카메라로 항공사진을 취득하였으며, LiDAR 데이터를 이용하여 수치정사사진을 제작하였다. 또한 LiDAR 센서와 동시에 장착되어 있는 디지털카메라를 이용하여 근적외선 영상을 취득함으로써 식생의 전소현황을 정확하게 판독할 수 있다.

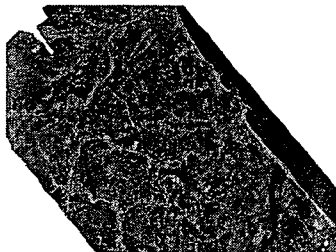


그림 8. 항공 적외선 사진

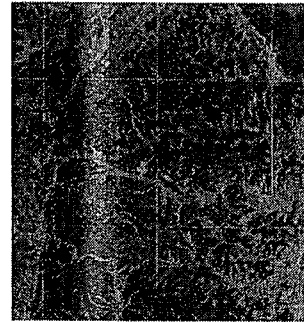


그림 9. GPS/INS 항공사진

## 3. 산불피해량 분석

### 3.1 피해면적 분석

연구지역에 대한 전체 산림면적과 피해면적에 대한 계산은 근적외선 영상을 이용하여 디지털징을 하여 정확하게 산출하였다. 관계기관의 보도자료에 의하며 973ha(9.7km<sup>2</sup>)이었으나 근적외선 영상으로 정확히 디지털징한 결과, 839ha로 분석이 되었다. 이는 기존 산불로 인한 피해면적 산출은 현장에 접근하지 않고 대부분 수치지형도나 지적도에 의하여 산출하였으므로 구체적인 분석을 하는데 한계가 존재하였다. 그러나 본 연구와 같은 지상 20cm이상의 물체를 인식할 수 있고 식생의 전소현황이 기록된 근적외선 영상을 이용함으로써 정확한 피해면적을 산출할 수 있었다.

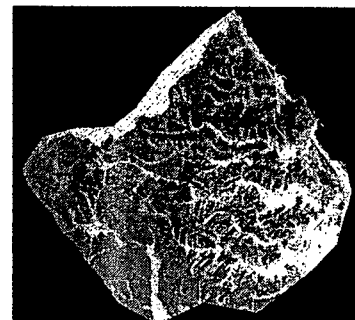


그림10 . 산불피해면적 분석

### 3.2 건축물 피해

산불로 인한 건축물의 전소 동수를 분석하기 위하여 산불 전의 영상과 산불 후의 영상을 중첩하여 건축물의 존재 유무를 분석하였다.

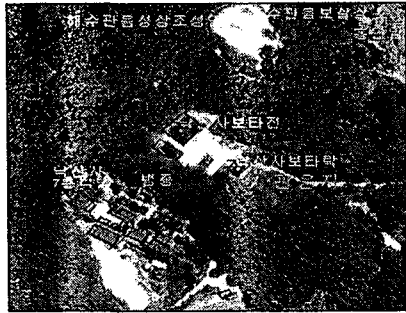


그림 11. 산불전후 항공사진 비교에 의한 전소된 건축물 현황 분석

산불 이전의 항공사진에서 추출한 건물 레이어와 산불 이후의 항공사진을 처리하여 표현하면, 같은 위치에 건축물 레이어가 그대로 중첩되어 만약 건축물이 전소한 경우는 건축물 영상에는 건축물의 형태가 없거나 소멸된 형태가 되어 건축물의 피해를 확인할 수 있었다. 사회적인 관심이 집중되었던 낙산사 지역에 대하여 산불로 인한 건축물의 전소 현황을 정확히 파악할 수 있었다.

### 3.3 산사태 위험 분석

산불 직후에 획득한 LiDAR 데이터를 통하여 1m 격자크기의 수치표고자료를 제작하여 산불 피해지역내의 경사도가 40도 이상인 지역을 분석하였다. 이러한 LiDAR 데이터를 이용하여 다양한 분석을 한 결과, 산림 지역에 존재하는 함몰지역을 찾음으로써 향후 산불지역의 산사태 가능성이 있는 지역을 예측할 수 있고, 또한 시간적 변화 자료를 이용하게 되면 산사태 예상지역의 정확한 토량의 변화량을 자동

적으로 추출하는 것이 가능하다. 또한 대부분의 산불이 발생한 후에 2차 피해로 홍수 및 산사태가 발생하여 하천의 범람과 유실 등 하천과 자연생태계의 변화를 동반하였다. 따라서 산불피해지역에 대한 1차적인 피해 복구뿐만 아니라 본 연구에서와 같이 다양한 항공기 멀티 데이터를 이용하여 융합 및 분석을 통하여 2차 피해라 할 수 있는 산사태, 홍수 및 하천범람 등 자연생태계의 변화를 예측하여야 한다.

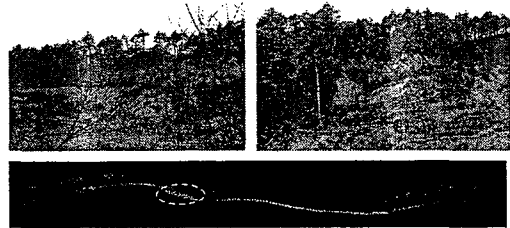


그림 12. 산불지역의 함몰지역 분석

아울러 홍수 시, 집수구역 내에 강우량과 지표경사, 식생, 토양과 기타 지형·지물에 의해 해당지점에서의 하천 유량과 유속 등이 결정된다. 항공 LiDAR 데이터로 만들어진 고정밀 수치표고모형을 기본 자료로 하여 필요한 자료를 중첩한 후, 모형화(modeling)를 통하여 홍수 시, 침수가능지역을 예측하여 방재대책을 수립할 수 있다. 또한, 홍수지역에 대한 정밀하고 현실성 있는 항공기 멀티 데이터는 중앙정부 및 지방정부의 재해계획과 민간분야의 홍수 보험관련 업무에 아주 유용하게 활용할 수 있다.

## 4. 결론

본 연구를 통하여 산불 재해로 인한 피해상황을 종합적으로 분석하는데 있어서

항공기 멀티 센서 데이터를 활용함으로써 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, 항공기 멀티 센서 데이터를 이용하여 '05년도 발생한 양양 산불 피해지역에 대하여 분석한 결과, 관계기관 보도자료에 의하면 973ha 였으나 본 연구에서 사용된 산불후의 근적외선 영상을 이용한 결과, 839ha로 분석되었다. 또한 건축물 전소 동수는 관계기관 보도자료에 의하면 416동 이었으나 본 연구에서 사용된 산불 전후의 항공사진을 중첩하여 분석한 결과 362동으로 제시되었다. 이는 산불 피해지역이 대부분 접근이 불가능한 산악지역에 위치하고 피해지역이 광역이기 때문에 정확하게 피해 면적을 산출 할 수 없었으나 항공기 멀티 데이터를 이용함으로써 산불 피해 면적이나 건축물 전소 등산불 피해현황을 과학적으로 산정할 수 있었다.

둘째, 산불 피해후 LiDAR 데이터를 활용함으로써 경사도와 유수방향 등을 분석하여 10개소에 대한 산사태가 발생할 수 있는 지역을 예측할 수 있었다. 이러한 LiDAR 데이터는 국가의 방재 및 재해지도 제작과 자료 구축에 따르는 문제점을 해결 할 수 있을 뿐만 아니라 토지 이용 및 환경 변화파악 등에 효율적인 적용방안 제시에 기여할 수 있을 것으로 사료된다.

본 연구를 통하여 항공기 멀티 데이터를 이용하여 전 국가적으로 중요한 재해 예측 및 복구 등 방재분야는 물론 더불어 환경분야에도 다양하게 적용할 수 있으며, 다양한 정보처리기술과 연계 개발을 한다 면 국가 주요 정책에 대한 의사결정의 판단기준을 과학화하는데 크게 기여할 것으로 기대된다.

## 참고문헌

- 강원대학교 산림과학연구소 (2005), 양양 산불피해 특별재난지역 산림종합 복구 계획수립 용역보고서(낙산지구).
- 강준목, 강영미, 이형석 (2004), 도심의 정밀 모니터링을 위한 LiDAR 자료와 고해상영상의 융합, 한국측량학회 2004 춘계학술발표회 논문집, pp. 383~388.
- 곽두안, 이우균, 손민호 (2005), 정밀 산림 조사를 위한 LiDAR 및 디지털 항공사진의 응용에 관한 연구, 대한원격탐사학회 2005 춘계 학술대회 논문집, pp. 81~84.
- 김응남 (2002), 근적외선 CCD 카메라를 이용한 식물활성도의 조사, 인하공업전문대학 논문집, Vol. 29, pp.333~341.
- 김응남 (2004), 근적외선 CCD 카메라를 이용한 산불피해지 조사, 인하공업전문대학 논문집, Vol.31, pp.119~125.
- 이강원 (2006), GIS 다중자료를 이용한 재해 탐지체계에 관한 연구, 박사학위논문, 충남대학교대학원.
- 이강원, 이재원, 강인구 (2003), GPS/INS에 의한 Direct Georeferencing의 실무 적용 연구, 대한토목학회 학술발표회, pp. 3053~3062.
- 이대회, 위광재, 김승용, 김갑진, 이재원 (2004), 시스템 초기화(Calibration)에 따른 항공레이저측량의 정확도 평가, 한국측량학회 춘계학술발표회 논문집, pp 15~26.
- 이승현, 위광재, 이강원 (2004), 항공기용 디지털 영상에 대한 검정(Calibration) 및 정확도 평가, 한국측량학회 춘계학술발표회 논문집, pp 183~195.
- 한상득 (2002), GPS/INS에 의한 항공사진의 외부표정요소 결정에 관한 연구, 박사학위논문, 경기대학교 대학원.