

무인항공 열화상을 이용한 백제문화단지의 관람환경평가

조승민*, 이재용**, 성선용**

*한국전통문화대학교 전통조경학과 학부생, **한국전통문화대학교 전통조경학과 조교수

1. 서론

열화상 영상분석 기술은 초기 농업 분야에서 작물의 생산을 위한 도구로 활용되어 왔으며, 의료, 국방, 도시 등 점차 다양한 분야의 활용이 확대되는 추세이다. 특히, 여름철 도시에서 토지이용에 따른 각 시설이 도시환경에 미치는 영향을 분석하기 위한 기초자료로 이용되어 오고 있다. 열화상 영상은 지표면 온도분석에 가장 중요한 기초자료이다. 지면-대기의 상호순환을 이해하는데 지표면 온도는 매우 중요한 인자로 알려져 있을 뿐만 아니라 지표면 온도는 기후모델 및 농업 등에 사용되며, 토지피복과 식생 분포의 상태, 토양수분 및 증발산 등 다양한 인자의 영향을 받기 때문에 정확한 산출이 요구된다(백종진, 최민하, 2012). 대부분 지표면 온도 관측은 주로 위성영상 자료를 활용한 원격탐사가 실시되고 있으며 대면적 공간을 한번에 분석할 수 있다는 장점이 있다. 그러나 위성영상은 관측주기가 일정하지만 사용자가 원하는 시기의 자료를 취득하기에 어려움이 있다. 또한, 드론과 같은 무인항공기를 통해 취득한 영상 대비 위성영상의 공간해상도(100m x 100m)가 낮다는 단점이 있어 현재는 드론을 이용한 원격탐사가 주로 이루어지고 있다.

무인항공 열화상을 이용한 연구는 항공에서 피복별 표면의 평균온도를 분석하거나 지표면 온도와의 정확도 비교 연구에 편중되어 왔으며 항공에서 측정된 온도와 한 공간에서 사람이 실제 체감하는 온도와의 관계성 분석을 시도한 연구는 미비한 상황이다. 또한, 현대공간이 아닌 전통공간의 열환경을 분석한 사례도 적다고 할 수 있다. 따라서 본 연구는 이용객이 많으며 전통공간을 재현한 백제문화 관광단지를 대상으로 무인항공기로 측정된 열화상 영상에서의 온도와 지상에서 측정된 열지수와의 상관성을 파악하고자 한다.

2. 연구범위 및 방법

본 연구의 공간적 범위는 충청남도 부여군 규암면 백제문화로 455에 위치한 백제문화단지로서, 국내 최초 삼국시대 백제의 궁궐, 사찰, 민가주택, 전통공간을 재현한 역사테마파크이며, 관광진흥법에 따라 2015년에 백제문화단지 관광단지로 지정되었다. 2001년 착공하여 2010년 개관한 이래로 연평균 100만명의 관람객이 방문하여 관광지로서의 가치가 높다.

무인항공기를 이용하여 열화상 영상을 촬영하였으며, 온습도계, 풍속계를 이용한 지상 열지수 측정을 실시하였다. 열화상 촬영을 위해 DJI사의 M300과, FLIR사의 Duo Pro R을 사용하여 열화상영상을 취득하였다. 촬영범위는 백제문화단지 내 전통공간이 재현된 농사, 사비궁, 생활문화마을과 주변 녹지공간이 해당한다(Figure 1 참조). 총 246장의 열영상 이미지를 취득하였으며, 취득한 이미지의 DN(digital number)값을 섭씨온도로 변환하였으며, 변환식은 식 1과 같다. 각 영상의 고유 DN값을 유지하기 위해 ArcGIS PRO에서 제공하는 지오레퍼런싱(georeferencing) 기능을 이용하여 Figure 1과 같이 권역별로 열화상 단일 영상을 정합하여 분석하였다. 권역 내 피복 유형을 구분하고 지표면 평균온도 산출에 영향을 줄 수 있는 건축물의 그림자는 제외하였다. 또한, 건축물의 비율이 많은 지역과 식생 비율이 많은 지역으로 분류하여 분석을 실시하였다.

$$Temperature = 0.04 * DN - 273.15 \tag{1}$$

열지수 측정에 사용된 기기는 HOBO사의 데이터로거, 온습도계, 풍속계이다. 열지수(HI: heat index)는 대기온도(T_f)와 상대습도(RH)의 조합으로 산출하며 체감온도라고도 한다. 총 4개의 등급으로 구분하며 열지수 32°C 이상부터 온열질환에 조심해야 하는 ‘매우주의’ 단계에 분류한다. 열지수 변환식은 미국 기상청에서 제공하는 식이며, 아래 식 2와 같다. 열지수 측정지점 및 동선은 Figure 2와 같으며, 백제문화단지가 제시하는 농사, 사비궁, 생활문화마을을 포함한 관람코스도 선정하였으며, 동선 이동 시간은 약 30분 정도 소요되었다.

$$HI = 0.5 * T_f + 61.0 + [(T_f - 68.0) * 1.2] + (RH * 0.094) \tag{2}$$

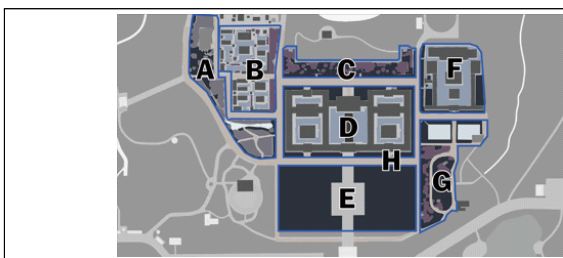


Figure 1. 열화상 영상 권역 구분도

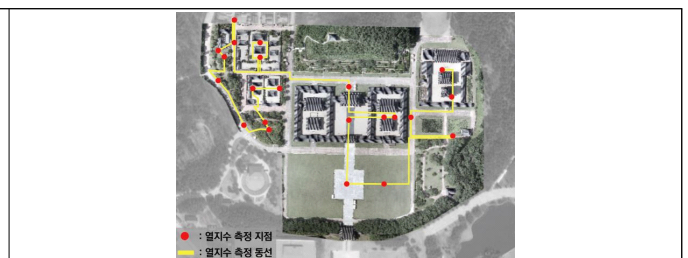


Figure 2. 열지수 측정 지점 및 동선

3. 결과 및 고찰

건축물 비율이 높은 권역별 분석결과, F(농사)지역에서 인공포장면이 식생공간보다 5°C 높게 나타났으며, D(사바궁)지역에서 피복별 평균 지표면 온도와 열지수가 비례하는 경향이 확인되었으나, 전돌포장은 평균 지표면 온도와 열지수 사이에 상관성이 나타나지 않았다. 이는 해당 공간의 개폐정도에 따라 차이를 보이는 것으로 보인다. B(생활문화마을)지역에서 식생공간과 인공포장면 평균 지표면 온도차이는 약 7~8°C로 현저히 발생하였다. 마사토포장은 항공에서 탐지된 온도보다 사람이 체감하는 열지수가 약 3.8°C 정도 높게 나타났다(Figure 3 참조).

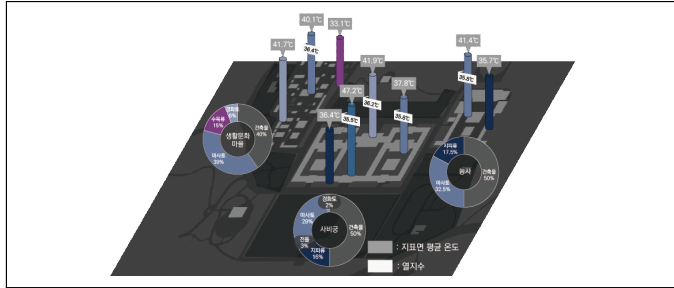


Figure 3. 건축물 비율이 높은 지역

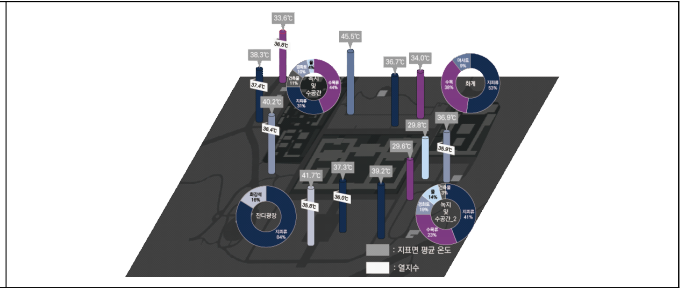


Figure 4. 식생 비율이 높은 지역

식생 비율이 높은 C(화계)지역에서 지피류의 평균 지표면 온도는 수목류보다 약 2~3°C 높게 나타났다. 이는 수관이 넓게 퍼지는 수목에 의해 주변에 형성된 그늘이 평균온도의 저감에 영향을 준 것으로 판단된다. E(잔디광장)지역에서 화강석 포장과 지피류의 평균 지표면 온도는 약 4°C 차이를 보였으나 열지수는 유사하게 나타났다. 광장과 같이 개방된 공간에서 사람이 체감하는 열지수는 일정온도 이상에서 피복유형에 의한 영향은 미미한 것으로 보인다. A(녹지 및 수공간)지역에서 평균 지표면 온도에서 인공포장면, 지피류, 수목류, 지당 순으로 높게 나타났다. 그러나 열지수는 인공포장면에서 낮게 나타났으며, 이는 지당과 같은 주변 구성요소가 사람의 체감온도에 직접적 영향을 주는 것으로 볼 수 있다. G(녹지 및 수공간 2)지역에서 지피류의 평균 지표면 온도가 수목류보다 약 9°C 높았으며, 지당도 다른 피복에 비해 현저히 낮게 나타났다(Figure 4 참조).

H(관람로)의 지표면 온도는 다른 권역 내 경화도 포장의 평균 지표면 온도보다 높으나 열지수는 유사한 경향이 나타났다. 이는 관람로 내 형성된 수목의 그늘이나 수공간의 영향으로 판단된다.

4. 결론

전체 지표면 온도의 범위는 최소 22.1°C, 최대 60.2°C로 탐지되었으며 각 피복별 온도분포 특성을 확인할 수 있었다. 8개 권역에서 측정된 22개 지점의 열지수는 최소 35.2°C, 최대 37.4°C로 대상지에서 사람이 체감할 수 있는 열지수는 모두 '매우주' 단계에 해당하였다. 인공포장면은 전돌, 마사토, 경화토, 화강석 순으로 높았으며, 권역의 공간 특성에 따라 열지수와 관계가 동일재질에서도 다르게 나타났다. 식생의 경우 수형이 넓게 퍼지는 수목류가 지피류보다 현저히 낮게 나타났으며 녹지의 기능을 확인할 수 있었다.

본 연구는 현대공간이 아닌 전통공간을 재현한 역사문화 관광단지를 대상으로 항공에서 촬영한 열지도를 바탕으로 지상에서 측정된 열지수와 비교하여 이용객의 관람환경 분석을 실시하였다. 향후 포장의 실제 방사율을 고려한 방사보정을 통해 보다 정확한 열화상 영상을 촬영한다면, 무인항공기를 이용한 대면적 전통공간의 열환경을 모니터링하여 이용객의 관람환경을 개선하는데 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

1. 김건형, 강영은, 손승우, 김동우, 유재진(2020) UAV 기반 도시 열환경 분석을 통한 폭염 대응형 공간 전략: 부산시 영도구 도시재생사업을 대상으로. 한국지리학회지 9(1): 191-203.
2. 박진환, 이기림, 이원희, 한유경(2018) 무인항공기에 탑재된 열적외선 센서 기반의 지표면 온도 정사영상 제작 및 피복별 온도 정확도 분석. 한국측량학회지 36(4): 263-270.
3. 최태영, 문호경, 차재규(2017) 무인항공 영상을 활용한 도심녹지 표면온도 특성 분석: 익산 소라산 자연마당을 대상으로. 한국지리정보학회지 20(3): 90-103.
4. 오무환(2009) [프로젝트 리포트] 백제역사재현단지. 건축 53(11): 79-83.
5. 백종진, 최민하(2012) 한반도에서의 천리안 위성 지표면 온도 유용성 평가. 한국수자원학회 45(8): 755-765.