

LiDAR자료를 이용한 연안 해안지역 관리 및 활용에 관한 연구

The Study on Application and Management of the Coast Using Airborne LiDAR Surveying

위 광 재* · 옴 재 홍* · 이 강 원** · 김 승 용*

We, Gwang-Jae · Yom, Jae-Hong · Lee, Kang-Won · Kim, Seung-Young

要 旨

본 논문은 미국 Oregon 지역을 실험지역으로 하여 LiDAR자료를 이용하여 연안해역 관리 및 해안지역의 각종 분석자료의 기초데이터로 활용하는 방안을 도출하고자 한다. 실험지역은 미국 Oregon주의 남쪽해안에 위치하고 있는 해안지역이며, 해안선이 완만하게 형성이 되어 있다. 본 실험에 이용된 LiDAR 자료는 97년 10월과 98년 4월 2회에 걸쳐 NASA의 ATM(Airbone Topographic Mapper) II를 이용하여 측량을 실시하였다. 연도별로 취득된 해변지역의 표고값을 근거로 하여 연도별 해변의 단면 변화량을 산출하였다.

본 연구를 통하여 연구지역인 미국 Oregon 해변지형의 표고변화는 연도별로 약 0.79m/year 정도 변화가 발생하였다. 또한 국내에서 해안선 측량시 이용가능성 및 해안선 변화 모니터링, 해변 위험지역 및 침식량 산정 등 다양한 분야의 활용가능성을 제시하였다.

1. 서 론

현재 국내에서는 “제2단계 국가지리정보체계 구축사업”을 추진중에 있으며, 해양수산부에서는 NGIS(National Geographic Information System) 2단계 기본계획과 더불어 해양지리정보체계(MGIS:Marine Geographic Information System)를 추진중에 있다. MGIS사업에서 중점적으로 추진하고 있는 사업은 조석관측, 해안선조사측량 및 DB 구축, 연안해역조사측량, 전자해도 갱신 등 효율적인 해양 지리정보의 DB구축에 중점을 두고 있으며, 향후 해양공간시스템으로의 확장을 계획하고 있다. 해안지역은

해양과 육지가 연결되는 지역으로서 항상 역동적이고 끊임없이 변화하는 지역이다. 최근에는 항만건설, 간척지의 개발 등과 같은 인공적인 이유나 폭풍 등과 같은 자연재해 등으로 인하여 끊임없이 변화하고 있다. 우리나라도 해안 지역에 있어서 각종 개발과 자연재해 등으로 해안지형에 대한 과학적인 기초자료에 관심이 집중되고 있다.

항공기 LiDAR(Light Detection and Ranging) 측량은 최첨단 지상의 표고자료 및 매핑시스템으로서 다양한 분야에서 그 활용도가 증가되고 있다. 항공기 LiDAR의 장점은 높은 효율성과 정확도에 있으며,

* 한진정보통신(주) GIS기술지원팀, 02-2216-2345, <http://www.gis.co.kr>, gjwe@hist.co.kr

** 한진정보통신(주) GIS BU, 02-2216-7220, <http://www.hist.co.kr>

레이저 스캐너는 능동센서 시스템이므로 기후에 관계없이 주야로 자료획득이 가능하다. 또한 스캐너로부터 지표면까지 거리를 직접 산출할 수 있으므로 고밀도의 표고정보를 신속하고 효율적으로 얻을 수 있다. 특히 접근이 어려운 해안지역의 표고정보나 지도제작 분야에 효과적으로 이용할 수 있다.

항공기 LiDAR 측량을 통하여 획득된 지형의 3차원자료 즉, 높이정보는 연안해역의 관리를 위한 기초적인 자료이며, 많은 분야에 활용이 가능하다.

본 연구에서는 획득한 LiDAR자료의 이용하여 미국 Oregon주 해안지역에 대하여 연도별로 취득된 지형의 표고값을 이용하여 일정 간격(약 100m)에 따라서 단면으로 구성하여 연도별로 표고변화량을 분석하여, 해안선의 변화량과 해안침식 상태를 정량적으로 분석하고자 한다. 또한, 우리나라에서 연안해역의 조사 및 측량시 활용 가능성 및 이용분야를 제시하고자 한다.

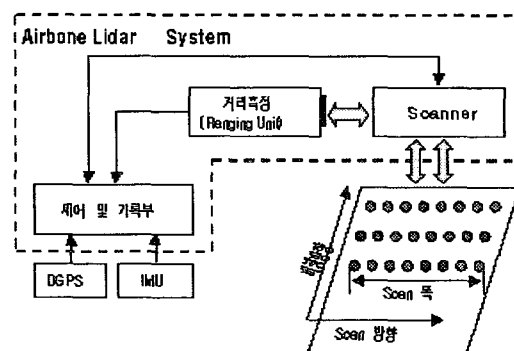
2. 연구대상지역의 측량

2.1 기본원리

항공기 레이저측량은 위치를 알고 있는 공간상의 한 점으로부터 레이저를 투과하여 지상으로부터 높이를 결정하는 기술이다. 미국을 비롯한 전 세계에서 수십만 km²의 지역이 LiDAR를 통해 관측되었으며, 이를 이용하여 실제적인 활용분야를 포함한 폭넓은 연구가 이루어지고 있다.

LiDAR 측량의 원리는 항공기에 레이저 펄스 송수신기(거리측정부와 Scanning부분으로 분할), GPS수신기 및 관성항법장치(IMU)를 동시에 탑재하여 비행방향을

따라 일정한 간격으로 지형의 기록을 측량한다(<그림 1> 참조). 이때 지상에 설치된 기준점(Reference Station)으로부터 D-GPS (Differential Global Positioning system)기법에 의해 레이저 스캐너의 정확한 위치를 결정하고, 관성항법장치에서 레이저 펄스의 회전각을 측정후, 지상에서 반사된 레이저 파의 정확한 수직거리를 결정하는 방법을 말한다.



<그림 1> LiDAR 측량의 원리

NASA의 ATM Scanner 센서는 Folding 거울이 45도를 회전하면서 Scan 각은 30도의 폭으로 레이저파를 발송하여 지상의 위치를 취득한다(아래식 참조).

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_L \\ Y_L \\ Z_L \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} X_G \\ Y_G \\ Z_G \end{pmatrix} + (R_{IMU} \cdot R_{IMU}^{LS}) \cdot \begin{pmatrix} l_x \\ l_y \\ l_z \end{pmatrix}$$

X, Y, Z = 지상표고점의 좌표

X_L, Y_L, Z_L = 레이저 스캐너의 위치

X_G, Y_G, Z_G = GPS위치

R_{IMU} = 기준좌표계와 IMU간의 회전행렬

R_{IMU}^{LS} = 레이저스캐너와 IMU간의 회전행렬

l_x, l_y, l_z = 레이저 광선의 벡터

대부분의 항공기 LiDAR 시스템 장비에서 레이저 광선은 일정한 순서로 비행방향을 가로질러 이동하여 측량대상지역을

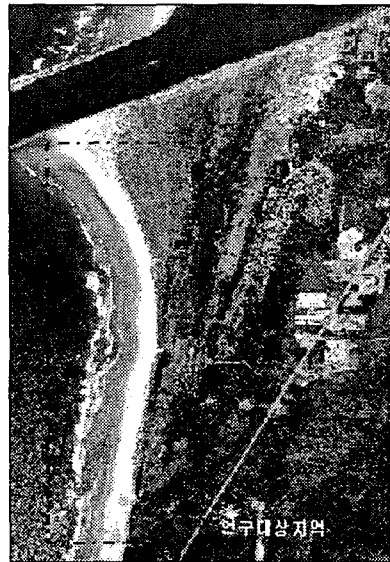
포괄하게 되며, 이러한 동작은 비행기의 진행방향에 의해 반복되어 측량되어 진다.

2.2 연구대상지역

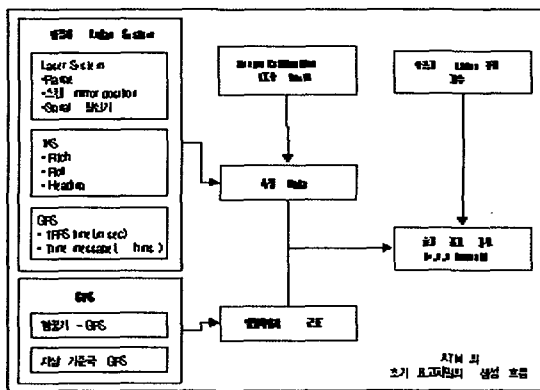
연구대상지역의 LiDAR 측량자료의 취득을 위해서 NOAA 전용 항공기(ATM-II)를 이용하여 약 60m/sec의 속도로 약 700m의 고도에서 측량을 실시하였다. 촬영시간은 약 4시간 정도 촬영을 실시하였으며 기상상의 상태 즉, 레이저파의 굴절과 흡수, 발산의 원인이 되는 우천, 안개 등이 있을시에는 촬영을 중단하였다. LiDAR 측량의 1strip의 폭은 약 300m이며, strip 별로 약 60% 중복하여 촬영하였다.

항공기에 부착된 Scanner 센서의 표고 위치 획득은 GPS와 동시에 이루어지며, 후처리를 통하여 획득된 지상의 점에 대한 3차원(x,y,z)위치를 결정하게 된다(<그림 2> 참조). 본 연구에서의 LiDAR 측량은 해안선이 최저면일 때, 즉, 조수가 최하위일 때 실시하였으며, 비행경로는 해변의 방향과 항상 평행을 유지하도록 하였다. 4개의 비행경로로 측량을 실시하였으며, 2개의 비행경로는 바다와 육지의 경계부분, 다른 2개의 비행경로는 육지부분을 각각 촬영하였다.

본 연구의 대상지역(<그림 3>참조)에서 1997년 10월과 1998년 4월에 각각 데이터를 취득하였다. 연구대상지역은 약 3km 정도의 해변가이며, 본 연구에 사용되는 LiDAR 자료의 구역은 700m×2,500m이며, 해당지역의 항공사진은 1/1,200 사진축척으로 1998년에 획득하여 정사사진을 제작하여 본 연구에 사용하였다. 취득된 LiDAR 자료의 수평위치의 기준은 NAD 83, 수직위치 기준은 NGVD 29이다.



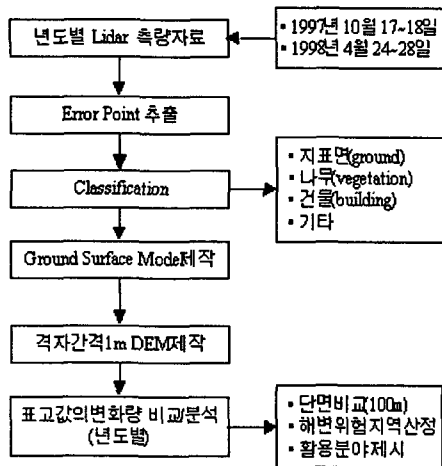
<그림 3> 연구대상지역의 항공사진



<그림2> 본 연구에서의 지상표고값의 생성흐름

3. 자료처리

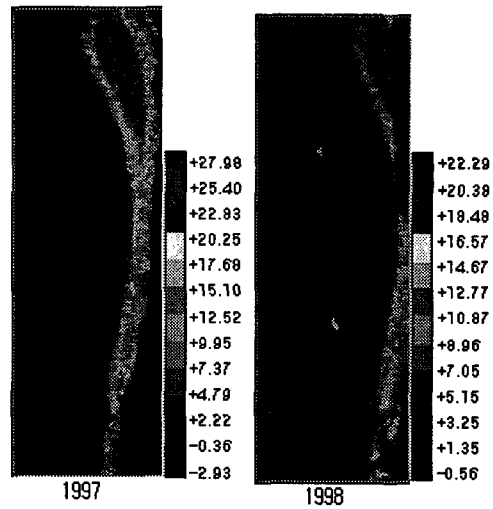
취득된 LiDAR 측량자료는 연도별로 구분하여 <그림 4>와 같은 순서로 처리를 하였으며, 처리한 후 LiDAR Dataset의 특징은 <표 1>과 같다. 본 연구에서 중요한 것은 연도별로 동일지점에 대한 표고값의 변화량을 비교/분석하는 것이기 때문에 초기에 지표면의 표고값 외에 예리점, 식생, 건물 등의 표고값을 분류하여 소거하였다.



<그림 4> 본 연구의 자료처리 흐름도
 해안지형의 특성상 지표면(ground)의 표고값이 전체 Data의 구성비율을 비교하였을 때, 약 87.4%(1997년 자료), 87.2%(1998년 자료)를 차지하고 있다. 항공기 LiDAR측량을 통하여 획득한 원 측량자료는 지표면, 식생, 건물 등의 모든 지상의 높이를 레이저파의 반사거리를 가지고 측정하기 때문에 본 연구에서 필요가 없는 식생이나 건물 등의 표고값을 분류하여야 한다. 본 연구에서는 분류(classification)의 기준은 지표면(ground), 식생(vegetation), 건물(building) 등으로 구분하였다.

<표 1> 자료처리를 한 후, LiDAR Dataset의 특징

촬영 일시	Raw point	Elevation		오차 점	Classification 결과		
		Min H	Max H		Ground	Vegetation	Building
97.10.17 ~ 10.18	870, 538점	-0.56 m	22.59 m	63 점	760, 715점	92,353 점	4,226 점
98.4.24 ~ 4.28	1,330, 161점	-2.93 m	27.98 m	106 점	1,159, 468점	150,634 점	4,583 점

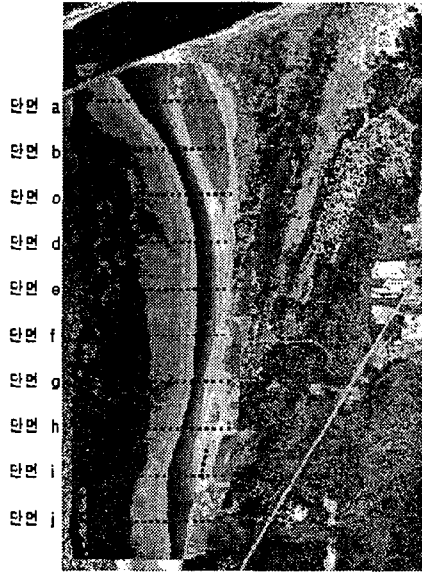


<그림 5> 연구지역의 표고분포도

4. 연도별 변화량 분석

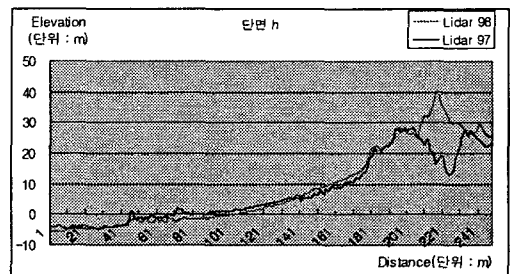
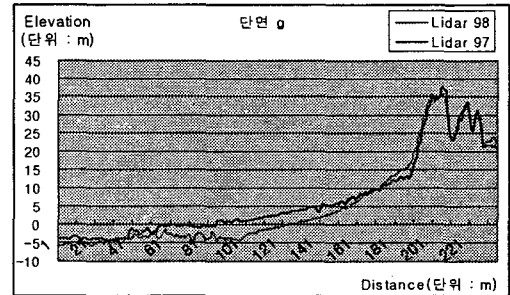
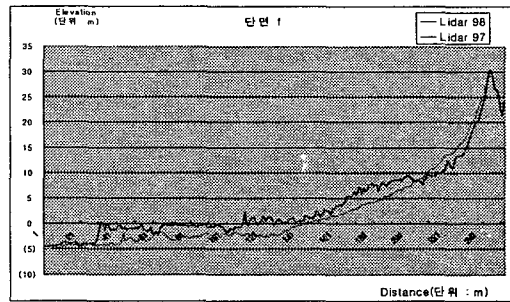
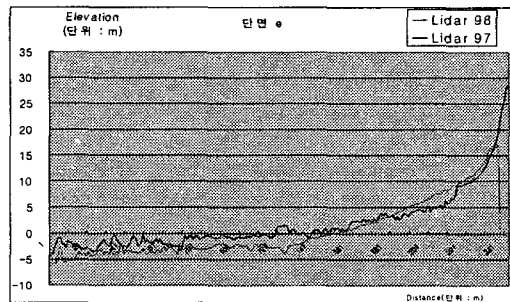
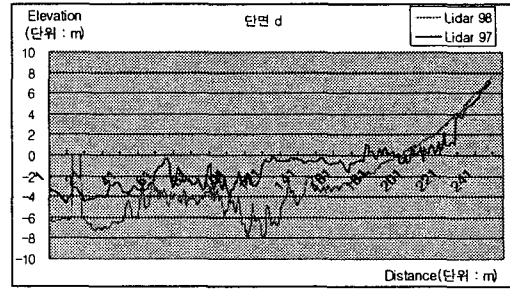
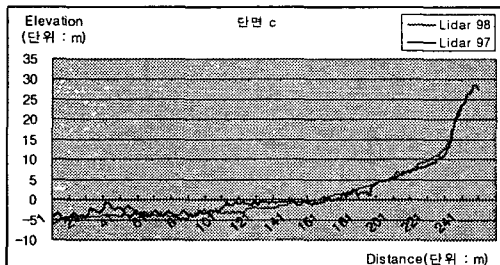
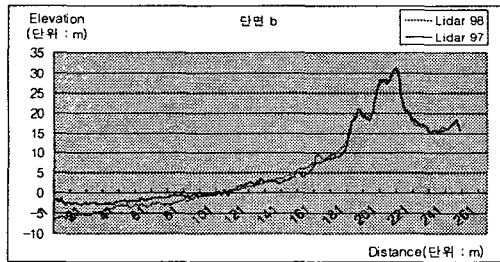
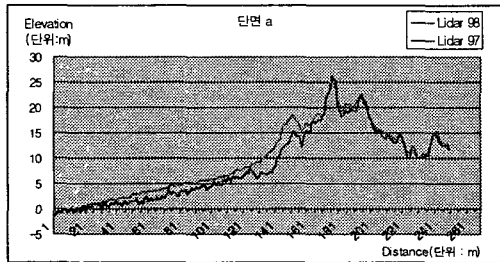
연구대상지역에 대하여 연도별 표고량의 변화량을 분석하기 위해서 약 100m 단위로 단면을 생성하여 <그림 6>과 같이 절취하였으며, 각각의 단면을 기준으로 연도별로 표고량의 변화량을 분석하였다. 분석결과, 모든 절취된 단면에서는 육지부분에서 표고값의 변화량이 거의 없었으며, 그 이유는 LiDAR 데이터의 취득간격이 6개월 정도의 근소하기 때문이다.

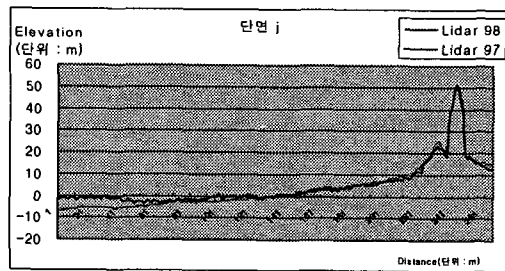
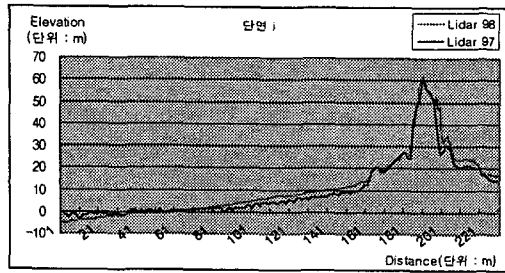
또한 모래해변과 같은 경우에는 절취된 단면에 따라서 일정한 침식이 발생하였으며, 단면 a부분과 같은 경우에는 강하구에 근접하고 있으므로 다른 단면과 반대로 세굴(洗掘)현상으로 인한 퇴적이 발생하였다. 다른 단면은 <그림 7>과 같이 육지부분은 거의 변동이 없으며, 해변지형은 대체적으로 침식이 발생하였다. 단, 단면 h와 같은 경우에는 육지부분의 인위적인 개발 등과 같은 이유로 표고차이가 급격하게 나타남을 보여주고 있다.



<그림 6> 연구대상지역의 단면절취

<그림 7> 각 단면의 표고값 변화량





<표 6>과 같이 각 단면들에 대하여 최대, 최소값을 비교하였을 때, 연구대상지역에 한하여 침식이 약 0.79m/year정도 발생하였다.

<표 2> 절취된 단면에 대한 표고값의 변화량 분석(+:퇴적, :침식)

	단면 a	단면 b	단면 c	단면 d	단면 e	단면 f	단면 g	단면 h	단면 i	단면 j
최소값	-1.6	-4.9	-3.5	-2.9	-2.8	-0.5	-1.7	-1.3	-4.2	-5.1
최대값	+4.5	-0.4	2.6	0.4	-1.5	-0.3	1.3	2.7	2.8	2.5
평균값	+0.4	-2.7	-0.2	-1.3	-2.2	-0.4	-0.2	0.7	-0.7	-1.3
비교점	250점	249점	250점	250점	237점	251점	234점	247점	230점	264점

5. 활용방안

항공기 LiDAR 측량을 이용하여 연안 해안지역 관리 및 활용할 수 있는 분야는 해안선측량, 해변위험지역 산정, 해안선 변화 모니터링 및 침식량 산정 등으로 구분할 수 있다.

5.1 해안선 측량

현재 측량법에 의한 지형도는 만조수위면을, 수로업무법에 의한 해도는 약최고조면¹⁾을 해안선으로 규정하고 있어 기존

의 차이로 인한 혼란이 가중되고 있다. 또한 지형도의 제작과정에서는 항공사진상 육안으로 판별 가능한 바닷물과 육지경계선을 해안선으로 간주하며, 해도의 경우 육도의 해안선을 그대로 사용하고 있고, 항만지역 등 일부해안선에 대하여 국지적 위치조사에 의한 수정갱신을 하고 있는 실정이다. 따라서 정확한 기준 마련이 시급하며, 과학적인 기초자료를 통한 해안선 측량을 실시하여야 한다.

또한 사업비용과 효율적인 측면에서 기존의 측량방법(지형측량시 Total-Station 및 GPS-RTK측량)으로는 경제성과 접근이 보장되지 않기 때문에 항공기 LiDAR측량방법이 기존의 측량방법을 대체할 수 있다. 따라서 해안선 조사/측량시 기준점 측량을 제외한 지형측량은 항공기 LiDAR측량으로 실시함이 바람직하다고 할수 있다.

5.2 해변 위험지역 산정

해변 위험지역(Dune Hazard Zone)이라 함은 바닷물과 해변이 접촉되는 부분에서 해변에 형성된 모래언덕까지를 지칭하며, 보통 육지부분에서 식생(나무)이 존재하는 지역까지를 말한다. 국내에서는 현재까지 산정방법에 대한 정확한 규정이나 과학적인 방법이 부재한 실정이다. 본 연구에서는 외국의 사례를 참조하여 해변의 위험

1) 略最高高潮面(Approximate highest high water level : Approx.H.H.W)은 바닷물이 해안선에 가장 많이 들어 왔을 때의 수면

지역을 산정하는 방법을 제시하고자 한다. 미국 NOAA의 해변 위험지역의 산정은 다음과 같다.

$$DHZ = (S_{dune} + D) + (L_R \times T_P) + (L_r \times T_P)$$

S_{dune} : 만조시와 간조시의 차이

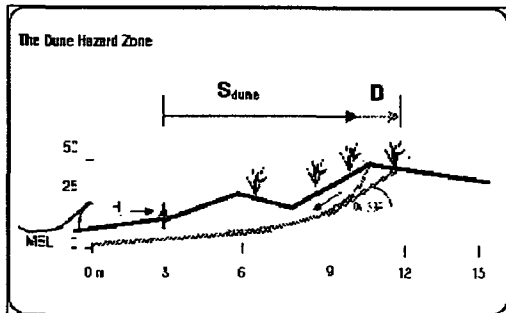
D : 모래언덕의 길이(m)

L_R : 년 평균변화율(m/year), 침전물에 의한 해안선의 변화량

L_r : 년 평균변화율(m/year), 조위상승으로 인한 해안선 변화량

T_P : 조사기간(year)

해변지역의 위험지역에 대한 과학적인 산정은 자연재해 등이 발생하였을 때 재해대책수립의 기본자료 및 보험료산정 등에 활용 될 수 있다.



<그림 8> 해변위험지역 산정 모형



<그림 9> 연구지역의 해변위험지역 산정

5.3 해안선 변화 모니터링

해안선은 해양과 육지가 구분이 되는 점이지대로서 항상 역동적이고 끊임없이 변화하는 해양환경이다. 또한 육상부문 지리정보에 비해 해안선 부근 해역에 대한 과학적 정보가 절대적으로 빈약하고 해안선 조사와 관련한 기술적 기초조사 자료의 DB구축이 미흡한 실정이다. 특히 서해안일대는 해안절벽의 침식 및 해빈 유실, 자연재해 등으로 인한 해안선 변화에 따른 조사가 이루어지지 않고 있다. 따라서 일정한 주기별로 항공기 LiDAR측량, 수위 관측자료 등을 통하여 해안선의 감소 및 후퇴거리를 경제적이고 체계적으로 모니터링 할 수 있다.

6. 결론

본 연구를 통하여 항공기 LiDAR 측량을 통한 연안해역 지역의 3차원 지형자료를 이용하여 해안지역의 관리 및 활용분야를 제시하였다.

1. 연구지역의 지형단면을 약 100m 간격으로 절취하여 취득시기별 표고의 변화량을 분석한 결과, 0.79m/year 변화하였다.
2. 취득된 항공기 LiDAR 자료를 이용하여 해안선 측량, 해변 위험지역 산정, 해안선 변화 모니터링 등 활용분야를 구체적으로 제시하였다. 또한 서해안 지역과 같은 경우에는 갯벌의 침식상태에 대하여 관심이 고조되고 있으며, 항공기 LiDAR 자료를 이용하여 3차원 시각화 및 DSM(Digital Surface Model)제작을 통하여 변화상태를 정량적으로 분석할 수 있다.
3. 향후 국내에서 해안선 조사/측량시, LiDAR 자료를 이용할 경우, 시범사업 등

을 도입하여 구축된 자료의 활용성 등에 대하여 체계적으로 연구가 필요할 것으로 사료된다.

감사의 글

본 논문의 자료(LiDAR Data, 항공사진 등)를 제공해준 “NOAA Coastal Services Center, Clearing House”의 “Mike Heame”에게 감사를 드립니다.

참고문헌

1. 이동천 외1인, 매핑활용을 위한 항공 레이저 스캐닝 시스템의 정확도 분석 방법에 관한 연구, 대한토목학회지 21권 2-D호, pp209~217
2. 이병길, 대축척 DSM 제작을 위한 항공 레이저측량 데이터의 보정에 관한 연구, 서울대학교 박사학위논문, 2001
3. 박경원 외3인, 항공사진을 이용한 광안리 해수욕장에 해안선변화에 관한 연구, 한국해안·해양공학회 학술발표회, pp 122~126
4. NOAA Coastal Service Center, Topographic LiDAR ; An Emerging Beach Management Tool, 2002
5. Shoreland Solutions, 1998. Chronic Coastal Natural Hazards Model Overlay Zone. Unpublished Report to the Oregon Department on Land Conservation and Development.