P-77

알루샨 열도 성 어거스틴 (St. Augustine) 화산의 레이더 차분 간섭도를 이용한 지표변위 관측

이창욱[1)]* · Zhong Lu[2)] · 권오익[2)] · 최정현[1)] · 박정원[1)]

1. 서 론

인공위성 SAR 자료를 이용한 위성 레이더 간섭 기법은 지표의 고도 정보 추출 및 지진, 화산, 지반 침하 등과 같은 지표 변위 관측 분야에 널리 응용 되어 왔으며, 이를 바탕으로 최근에는 긴밀도가 높은 고정된 산란체인 Permanent Scatterer(PS)를 이용한 위성 레이더 간섭 기법도 활발히 연구 및 적용되고 있다. 따라서, 수십 km 이상의 넓은 지역에 걸쳐 발생하는 지표변위를 수 cm 내지 그 이하로 측정할 수 있는 레이더 간섭 기법을 이용하면 지표변위를 발생케 하는 자연재해에 대한 정량적 측정 뿐만 아니라 이를 일으키는 메카니즘 연구에도 크게 활용 할 수 있을 것이다. 연구지역은 미국 알라스카주 알류샨 열도의 화산섬 중 하나인 성 어거스틴 (St. Augustine)섬이다. 알루샨 열도는 전 세계적으로 대표적인 화산대 중 하나이며, 200여개의 활화산과 지진규모 9.0 정도의 대규모 지진이 발생하고 있다. 그 중에서 성 어거스틴 화산은 최근 1986년과 2006년에 각각 발생한 화산 폭발로 인하여 많은 관심이 주목되었었다. 화산 폭발로 흐른 화산쇄설물은 성 어거스틴 섬 북쪽에 쌓였으며, 시간이 지남에 따라 다짐작용으로 인하여 지표변위를 발생케 하고 있다. 본 연구는 레이더 위성인 ERS-1/2 와 ENVISAT 영상을 이용하여 연구지역의 다짐작용에 의한 침하량을 측정 및 분석 하는데 그 의의가 있다.

2. 본 론

성 어거스틴 화산은 1250 m의 높이에 90 km^2 크기를 지니고 있으며, 알라스카주 앵커리지 (Anchorage)와는 290 km 정도의 거리에 있다. 이 화산은 쥬라기와 백악기에 걸쳐서 형성되었으며, 지금까지 알려진 바로는 7번의 크고 작은 화산 폭발이 있었으며, 알루샨 열도내에서도 가장 활발한 화산중의 하나이다. 1986년 폭발이후의 화산쇄설물의 침하량을 관측하기 위하여 ERS-1/2 영상을 이용하였으며, 2006년 화산 분출 이후의 화산쇄설물의 침하량을 측정하기 위해서는 ENVISAT 영상을 이용하였다. 측정되어진 GPS 자료는 2004년부터 2006년까지이며, 일부는 2006년 화산폭발 당시 유실되었다. 또한, 화산쇄설물이 쌓인 섬의 북쪽지역에는 불행히도 GPS 관측점이 존재하지 않아 레이더 차분 간섭도와의 직접비교는 불가능하여 GPS 관측점 중 제일 안정한 점을 찾아 기준점으로 삼았다. 그림 1은 레이더 위성인 ERS-1/2를 이용하여 1992년부터 2005년까지 약 1년 혹은 2년의 간격으로 작성된 위성 레이더 차분 간섭도이다. 위의 간섭도들을 살펴보면 1986년 화산 폭발 이후 섬의 북쪽 지역(자색의 타원부분)에 쌓인 화산쇄설물은 다짐작용으로 말미암아 시간에 따라 연속적으로 침하하는 양상을 보

주요어 : 레이더 간섭 기법, 화산, 화산 쇄설물, 다짐작용, 침하량

1) 연세대학교 지구시스템과학과 (crystalseven@yonsei.ac.kr)
2) U.S. Geological Survey (USGS), Earth Resources Observation and Science (EROS) (lu@usgs.gov)

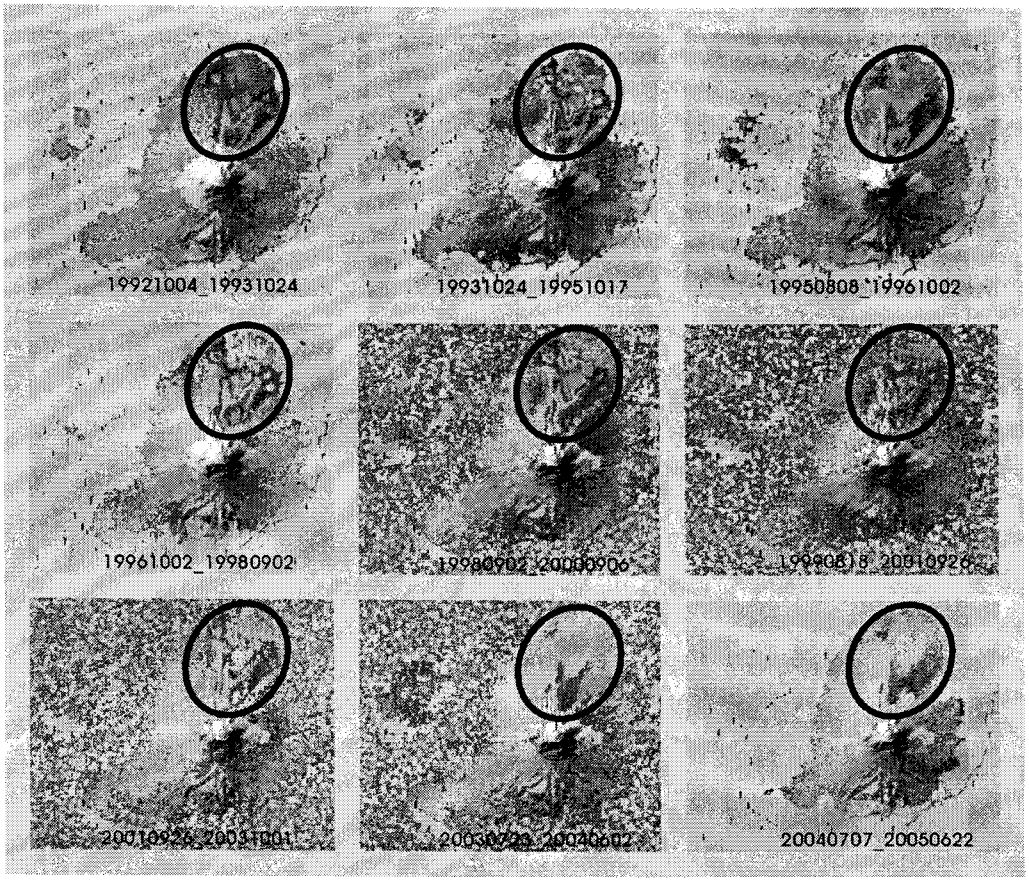

그림 1) 1986년 화산폭발 이후 성 어거스틴 섬에 쌓인 화산쇄설물의 침하를 나타내는 레이더 차분 간섭도 (1992년부터 2005년까지의 ERS-1/2 레이더 위성영상을 이용한 차분 간섭도)

이고 있다. 그러나, 레이더 차분 간섭도 내에는 여러 가지 오류들이 존재하는데 이를 줄이기 위하여 최소자승법을 적용하였다. 또한, 연속적인 시간에 따른 침하량을 측정하기 위하여 특이값 분해법을 적용한 후 가중치를 설정하여 최종 침하량을 구하였다. 그림 2)는 2006년 1월의 화산폭발 이후에 만들어진 위성 레이더 차분 간섭도이다. 화산쇄설물이 쌓인 섬의 북쪽에는 이전의 간섭도들과 마찬가지로 침하현상을 보이고 있으며, 단기간 임에도 불구하고 약 한 주기 정도의 침하량을 나타내고 있다. GPS 자료에 의하면 화산폭발 전 후 약 한달 정도 가량이 분화구 주위에 많은 변위를 나타내고 있으나, 성 어거스틴 섬이 주로 11월에서 5월까지 눈에 덮여 있기 때문에 화산폭발 기간 즈음에 생성된 위성 레이더 차분 간섭도를 이용하여 침하율을 계산 할 수는 없었다.

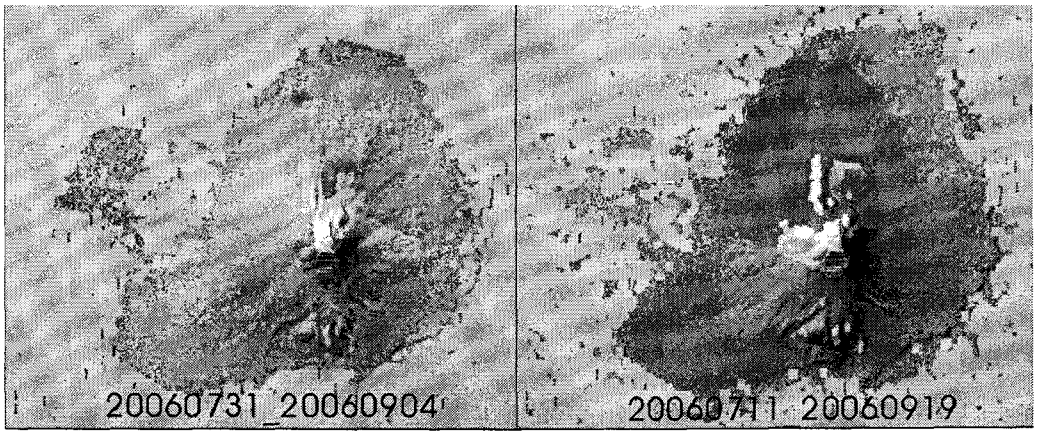

그림 2) 2006년 1월의 화산폭발 이후 성 어거스틴 섬에 쌓인 화산쇄설물의 침하를 나타내는 레이더 차분 간섭도 (ENVISAT 레이더 위성영상을 이용한 차분 간섭도)

3. 결 론

레이더 차분 간섭기법을 이용하여 알루샨 열도, 성 어거스틴 화산에 쌓인 화산쇄설물의 연간 침하량을 측정하였다. 침하량의 정밀도를 높이고, 시간에 따른 연속적인 침하량을 구하기 위하여 최소자승법과 특이값 분해법을 이용한 후 가중치를 설정하여 최종 침하량을 산출하였다. 1986년 폭발 이후 쌓인 화산쇄설물의 경우 1992년부터 2005년까지 연간 침하량은 약 3 cm (ERS-1/2)에 달했으며, 2006년 이후 쌓인 화산쇄설물의 침하량은 2006년 말까지 한 달 평균 약 2 cm (ENVISAT)의 침하율을 보였다. 이와 같은 화산쇄설물의 침하는 화산쇄설물들 간의 다짐작용으로 말미암아 발생하는 것으로 여겨진다. 성 어거스틴의 북쪽, 중앙 과 남쪽에서 측정된 GPS 자료와 레이더 차분 간섭도간의 오차 범위는 0.7cm 이하로 측정되었다. 또한, 2006년 1월의 화산폭발로 인한 분화구 주위의 변위에 대하여 알아보려 했으나 불행하게도 그 즈음의 레이더 차분 간섭도는 섬에 쌓인 눈으로 인하여 침하량을 측정하기는 불가능 하였다.

Acknowledgement

이 논문은 2006년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구이며(KRF-2006-511-C00122), 사용된 자료는 미국 USGS Volcano Hazards Program 과 European Space Agency (ESA) 및 Alaska SAR Facility (ASF)에서 제공하였음