

북극과 남극의 SSM/I Sea Ice Concentration과 Kompsat-1 EOC 영상의 비교

한향선, 이훈열

강원대학교 지구물리학과

imakdong@kangwon.ac.kr, hoonyol@kangwon.ac.kr

Comparison of SSM/I Sea Ice Concentration with Kompsat-1 EOC Images of the Arctic and Antarctic

Hyangsun Han and Hoonyol Lee

Department of Geophysics, Kangwon National University

Abstract: 북극과 남극의 해빙을 촬영한 Kompsat-1 EOC 영상을 SSM/I Sea Ice Concentration(SIC)과 비교하였다. EOC 영상은 2005년 7~8월 북극 해빙지역의 가장자리를 지나는 10개 궤도(624 영상)와 9~11월 남극대륙의 가장자리를 지나는 11개 궤도(676 영상)에서 얻어졌다. 그 중 구름의 영향이 없는 약 12%의 영상으로부터 감독분류와 육안분류를 통해 Multi-year ice와 First-year ice(M+F), Young ice(Y), New ice(N)로 해빙의 유형을 구분하여 SIC를 계산하였으며, 이를 NASA Team Algorithm(NTA)으로 계산된 SSM/I SIC와 비교하였다. 북극의 여름철에는 해빙의 시공간적 변화가 매우 크기 때문에 EOC SIC(M+F+Y+N)와 SSM/I SIC의 상관계수는 0.671로 잘 일치하지 않았다. 남극의 봄철에 N을 제외한 EOC SIC(M+F+Y)의 경우 SSM/I SIC와 0.873의 높은 상관계수를 가졌다. 이로부터 NTA로 계산된 남극의 SSM/I SIC가 M과 F를 비롯하여 Y도 포함하는 것을 알 수 있었다.

I. 서론

극지는 전지구적인 환경변화에 민감하게 반응한다. 특히 근래 들어 해빙의 급격한 감소는 지구온난화와 해수면 상승 등 기후변화의 지표가 되고 있다. 마이크로파 센서는 광학센서에 비해 광량 및 대기조건 등의 영향을 적게 받기 때문에 극지 연구에 매우 유용하게 사용되고 있다. 1972년 이래로 ESMR과 SMMR, 그리고 SSM/I를 비롯한 수동 마이크로파 센서가

해빙 관찰에 이용되어오고 있으며, 특히 SSM/I는 1987년부터 매일 북극과 남극의 Sea Ice Concentration(SIC)을 알려주고 있어 해빙의 증감 등을 연구하는데 활용되고 있다(Cavalieri *et al.*, 1997).

SSM/I SIC 자료를 검증하기 위해 기존에는 SAR나, Landsat, MODIS 등의 중저해상도 광학영상이 이용되었으나(Worby and Comiso, 2004), 고해상도의 광학영상을 통한 보다 정밀한 해빙의 유형 및 분포의 비교 연구는 비용 등의 문제로 거

의 없는 실정이다.

해빙의 유형은 연령과 형태, 두께에 따라 각각 Multi-year ice(여름에 녹지 않은 해빙, 두께 3m 이상), First-year ice(30cm~2m), Young ice(white nilas, 10~30cm), New ice(dark nilas, grease ice, frazil ice, 10cm 이하)로 구분될 수 있다(WMO, 1970).

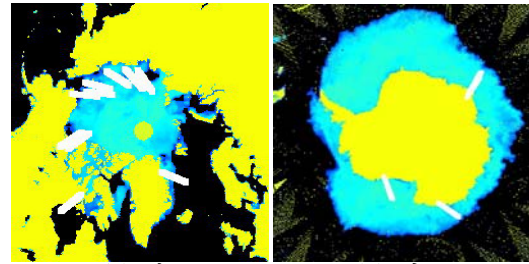
이 논문에서는 북극과 남극의 해빙을 촬영한 공간해상도 6.7m의 Kompsat-1 EOC 영상을 이용하여 다양한 해빙 유형을 구분하였고, SIC를 산출하였다. 그리고 각각의 해빙 유형이 SSM/I SIC에 어떻게 반응하여 표현되는지를 비교 분석하였다.

II. EOC와 SSM/I 자료

EOC는 18.7km의 폭으로 한 궤도 당 2분 동안 약 800km에 걸쳐 남에서 북으로 올라가면서(ascending) 촬영한다.

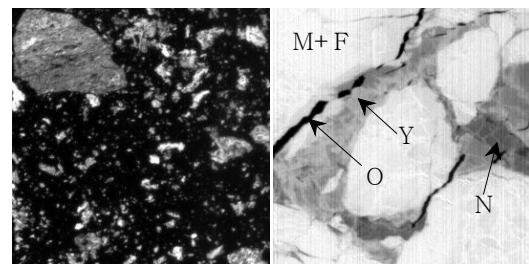
북극의 EOC 영상은 2005년 7~8월 해빙지역의 가장자리를 지나는 10개 궤도(Fig. 1(a))에서 624개 영상이 촬영되었다. 북극의 여름인 이 시기는 해빙이 거의 녹아 부빙의 형태가 많이 관찰(Fig. 2(a))되며 시공간적 변화가 심한 여름철이다. 구름의 영향이 없는 85개(14%)의 영상이 분석에 사용되었다.

남극에서는 9~11월 남극대륙의 가장자리를 지나는 11개 궤도(Fig. 1(b))에서 676개 영상이 촬영되었다. 이 시기는 해빙이 절정을 이루었다가 서서히 감소하는 봄철에 해당한다. 거의 모든 해빙의 표면에 눈이 쌓여 있었고, 폭이 좁은 균열(crack)과 리드(leads)가 많이 관찰되었으며, 그 사이를 N과 Y가 채우고 있는 경우가 많았다. 구름의 영향이 없는 71개(11%)의 영상이 분석에 사용되었다(Table 1).



(a) 북극 (6350km×6350km) (b) 남극 (10300km×10300km)

Figure 1. EOC 촬영궤도



(a) 북극(2005.08.05) (1.8km×1.8km) (b) 남극(2005.10.05) (1.8km×1.8km)

Figure 2. 북극과 남극의 EOC 영상

the Arctic		the Antarctic	
Date	Scenes	Date	Scenes
2005/07/12	62(4)	2005/09/25	60(14)
2005/07/15	63(3)	2005/10/01	62(0)
2005/08/05	61(13)	2005/10/02	62(0)
2005/08/06	64(5)	2005/10/05	61(41)
2005/08/07	62(28)	2005/10/07	61(0)
2005/08/11	62(4)	2005/10/08	61(6)
2005/08/14	62(0)	2005/10/21	62(0)
2005/08/22	63(2)	2005/10/24	61(0)
2005/08/25	64(15)	2005/10/27	62(0)
2005/08/27	61(11)	2005/10/30	61(0)
		2005/11/04	63(10)
Total	624(85)	Total	676(71)

Table 1. EOC 영상(괄호 안의 숫자는 분석에 사용된 영상의 개수)

EOC 영상에서 SIC를 산출하기 위해 감독분류 방법과 육안분류 방법을 이용하였다. 분류 항목은 팬크로매틱 영상의 특징에 따라 White Ice(M+F), Grey Ice(Y),

Dark-grey Ice(N), Ocean(O)으로 설정하였다(Fig. 2(b)). 북극 영상 중 센서의 감도나 대기효과로 인한 감독분류의 오차는 육안으로 보정하였다.

SSM/I는 19, 37, 85GHz 수직/수평 편광과 22GHz 수직편광 채널로 구성된 수동 마이크로파 센서로서 해빙의 복사세기를 측정한다. 대표적인 SIC 추출 알고리즘에는 NASA Team Algorithm(NTA)과 Bootstrap Algorithm이 있다.

연구에 사용된 SSM/I SIC는 NTA로 산출된 것으로 해상도가 25km이며, M과 F의 합이다(Cavalieri, 1996). 이 자료로부터 EOC 영상의 촬영날짜와 위치에 해당하는 SIC를 추출하였고, 전후 날짜와 인접 pixel의 자료를 포함한 cubic pixel의

표준편차를 구해 해빙의 시공간적 불안정성의 지표로 삼았다.

III. EOC와 SSM/I의 SIC 비교

Fig. 3은 북극의 SSM/I SIC와 EOC SIC(M+F+Y+N)의 상관도를 나타낸 것이다. 각 데이터 포인트에 표시된 세로막대는 SSM/I cubic pixel에 대한 표준편차를 나타낸다. 이 상관도에는 SSM/I SIC에서 해빙 유무 결정의 기준이 되는 15% 이상의 데이터만 나타내었다. 두 SIC의 상관계수는 0.671로서 서로 잘 일치하지 않았고, 해빙의 시공간적 불안정성이 큰 것을 알 수 있다. 이는 북극의 여름철 해빙 가

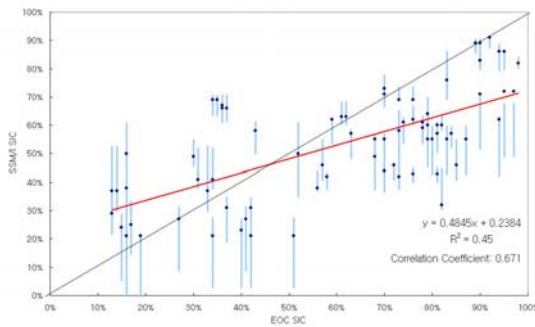


Figure 3. 북극 EOC SIC (M+F+Y+N)와 SSM/I SIC의 상관도

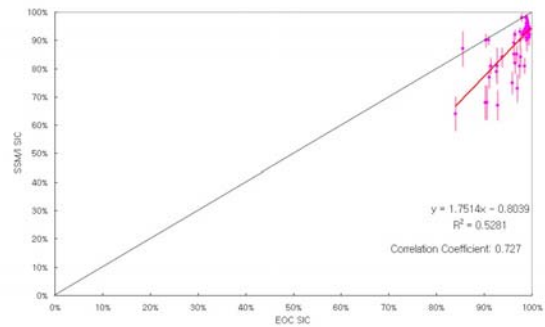


Figure 4. 남극 EOC SIC (M+F+Y+N)와 SSM/I SIC의 상관도

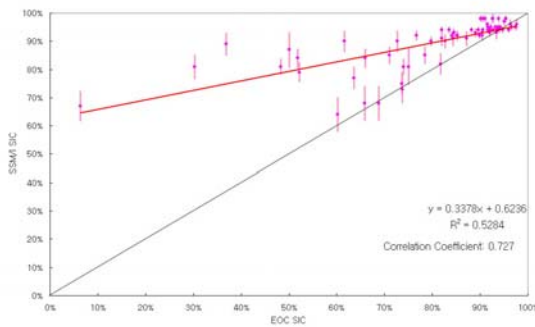


Figure 5. 남극 EOC SIC(M+F)와 SSM/I SIC의 상관도

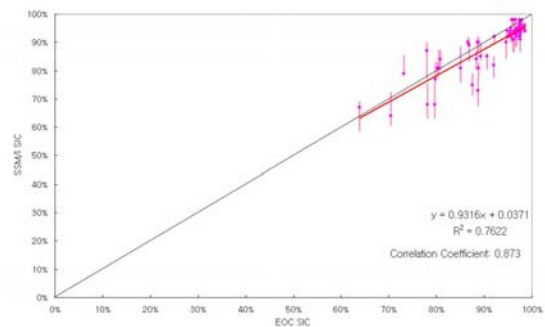


Figure 6. 남극 EOC SIC(M+F+Y)와 SSM/I SIC의 상관도

장자리에서 부빙과 빙산의 활발한 이동으로 인해 시공간적 변화가 매우 크고, 해빙 표면이 기후에 따라 극적으로 변화하며, 날씨에 따라 바다에서 NTA에 오차가 발생하기 때문이다(Markus and Dokken, 2002).

Fig. 4는 남극의 SSM/I SIC와 EOC SIC(M+F+Y+N)의 상관도이다. 남극의 봄철에 해당하는 이 시기 SIC는 대부분 70% 이상의 높은 값을 나타내었다. EOC SIC는 SSM/I SIC에 비해 대체로 낮은 값을 나타내었고, 상관계수는 0.727이다. 연구 지역의 남극 해빙은 시공간적인 변화가 심하지 않으며 바다가 거의 없음에도 두 SIC의 차이가 심하게 나타나며, 이는 균열과 리드에 존재하는 N과 Y가 SSM/I에 반응하지 않기 때문인 것으로 생각되었다. 또한 NTA는 M과 F의 합으로 SIC를 나타기 때문에, N과 Y를 제외한 남극 EOC SIC(M+F)를 SSM/I SIC와 비교해 보았지만(Fig. 5) 상관계수는 나아지지 않았다.

N만을 제외한 EOC SIC(M+F+Y)를 SSM/I SIC와 비교한 결과(Fig. 6) 상관계수는 0.873으로 서로 잘 일치하는 것을 볼 수 있다. 이에 따라 NTA로 계산된 남극의 SSM/I SIC는 M과 F는 물론이고 Y까지 포함하며, N에는 반응하지 않는다는 것을 알 수 있었다.

IV. 결론

SSM/I Sea Ice Concentration(SIC)을 검증하기 위해 Kompsat-1 EOC 영상으로부터 해빙 유형을 New ice, Young ice, Multi-year ice, First-year ice로

분류하고, EOC SIC를 산출하였으며, 이를 NASA Team Algorithm(NTA)으로 계산된 SSM/I SIC와 비교하였다. 그 결과 북극의 여름철에는 해빙의 시공간적인 변화가 심하여 EOC SIC와 SSM/I SIC는 0.671의 상관계수로 잘 일치하지 않았다.

남극의 봄철에 N을 제외한 EOC SIC(M+F+Y)가 0.873의 상관계수로 SSM/I SIC와 잘 일치하였다. 따라서 NTA로 계산된 남극의 SSM/I SIC는 M과 F 뿐만 아니라 Y도 반영하는 것으로 나타났다.

보다 정밀한 SSM/I SIC 검증 및 다양한 극빙 연구를 위해 고해상도 광학영상의 지속적인 촬영 및 현장 관측이 요구된다.

참고문헌

- Cavalieri D. J, 1996. NASA Team Sea Ice Algorithm, NASA Goddard Space Flight Center. <http://nsidc.org/data/docs/daac/nasateam/index.html>
- Cavalieri D. J, P. Gloersen, C. L. Parkinson, J. C. Comiso, H. J. Zwally, 1997. Observed Hemispheric Asymmetry in Global Sea Ice Changes, *Science*, vol. 278, pp. 1104-1106.
- Markus T. and S. T. Dokken, 2002. Evaluation of Late Summer Passive Microwave Arctic Sea Ice Retrievals, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, vol. 40, pp. 348-356.
- Worby A. P. and J. C. Comiso, 2004. Studies of the Antarctic sea ice edge and ice extent from satellite and ship observation, *Remote Sensing of Environment*, vol. 92, pp. 98-111.
- World Meteorological Organization, 1970. WMO Sea Ice Nomenclature, no. 259, suppl. no. 5.