
GMS-5 위성자료를 이용한 한반도 주변 해무탐지 연구

윤 홍 주*

Study on sea fog detection near Korea peninsula by using GMS-5 Satellite Data

Hong-Joo Yoon

Abstract

Sea fog/stratus is very difficult to detect because of the characteristics of air-sea interaction and locality, and the scantiness of the observed data from the oceans such as ships or ocean buoys. The aim of our study develops new algorithm for sea fog detection by using Geostational Meteorological Satellite-5(GMS-5) and suggests the technics of its continuous detection. In this study, atmospheric synoptic patterns on sea fog day of May, 1999 are classified; cold air advection type(00UTC, May 10, 1999) and warm air advection type(00UTC, May 12, 1999), respectively, and we collected two case days in order to analyze variations of water vapor at Osan observation station during May 9-10, 1999.

So as to detect daytime sea fog/stratus(00UTC, May 10, 1999), composite image, visible accumulated histogram method and surface albedo method are used. The characteristic value during day showed $A(\min) > 20\%$ and $DA < 10\%$ when visible accumulated histogram method was applied. And the sea fog region which is detected is similar in composite image analysis and surface albedo method. Inland observation which visibility and relative humidity is beneath 1km and 80%, respectively, at 00UTC, May 10, 1999; Poryoung for visible accumulated histogram method and Poryoung, Mokp'o and Kangnung for surface albedo method. In case of nighttime sea fog(18UTC, May 10, 1999), IR accumulated histogram method and Maximum brightness temperature method are used, respectively. Maximum brightness temperature method detected sea fog better than IR accumulated histogram method with the characteristic value that is $T_{max} < T_{max_trs}$,

* 여수대학교 해양시스템학부

and then T_{max} is beneath 700hPa temperature of GDAPS(Global Data Assimilation and Prediction System). Sea fog region which is detected by Maxium brightness temperature method was similar to the result of National Oceanic and Atmosheric Administration/Advanced Very High Resolution Radiometer (NOAA/AVHRR) DCD(Dual Channel Difference), but usually visibility and relative humidity are not agreed well in inland.

Key Words : sea fog, GMS-5 satellite, visible accumulated histogram, IR accumulated histogram

요약

해무발생은 대기·해양간의 상호작용과 강한 국지적 영향에 좌우된다. 실제로 해양에서의 선상관측과 부이관측의 부족 때문에 그 연구에 어려움이 많다. 따라서 현재 광범위한 해무역의 탐지는 위성영상의 이용만이 가능한데, 즉 매 1시간마다 수신되는 GMS-5호를 이용하여 해무탐지기법과 연속적인 해무탐지를 수행할 수 있다.

본 연구에서는 1999년 5월 중 해무 발생시의 종관장을 한기이류형과 난기이류형으로 분류하였으며, 또한 오산 고층 기상자료를 이용한 하층 수증기량의 변동량을 파악하여 5월 10일 00UTC와 18UTC을 사례일로 결정하였다. 주간 해무 탐지 사례일(1999년 5월 10일 00UTC)에 대해서 합성영상, 가시누적히스토그램, 지표알베도값 기법을 적용하였으며 그 중 가시누적히스토그램기법을 이용한 해무탐지의 특성값은 $A(\min) > 20\%$ and $DA < 10\%$ 이며 지표알베도 기법이 가시누적히스토그램보다 합성영상기법의 해무 탐지역이 더욱더 일치하는 것을 보였다. 또한 육상 시정 및 상대습도와 비교할 때 가시누적히스토그램 적용시 시정 1km이하, 상대습도 80%이상지역은 보령 하나였고, 지표알베도기법 적용시 보령, 목포, 강릉지역에서 모두 잘 일치하였다. 야간해무탐지 사례일(1999년 5월 10일 18UTC)에 대해서 적외누적히스토그램과 최대회도온도값 기법을 적용하였다. 적외차 기법인 적외누적히스토그램기법은 야간 해무를 전혀 탐지하지 못하였으며 최대회도온도값 기법은 $T_{max} < T_{max_trs}$ 보다 작고 적외 1채널의 회도온도값이 700hPa의 수치온도값보다 작을 때 해무역으로 판단되었으며 사례일에 대해서 NOAA(National Oceanic and Atmospheric Administration) 적외차에 의한 해무탐지역과 일치하였다. 그러나 육상 시정 및 상대습도분포와 잘 일치하지 않았다.

1. 서론

안개에 의한 악시정은 교통사고, 항공기 결항, 항공사고, 선박사고 등의 교통부분은 물론 생활 및 어업 활동 등의 기타 산업 부분에도 막대한 경제적 손실을 초래한다(Anthis and Cracknell, 1998 ; Croft et al. 1997; 전중갑 등, 1998). 특히 해상에서 광범위하게 발생하는 해무는 인명 피해를 포함한 해난사고를 유발하기 때문에 심각한 문제로 대두되고 있다.

안개란 비, 눈, 우박, 이슬, 서리 등과 같이 대기 중의 수증기가 모여 발생하는 기상현상으로 매우 미세한 물방울이 대기 중에 떠 있어 수평 시정이 1km 미만 일 때를 말하며, 이러한 현상이 해상에

서 발생하는 것을 해무(sea fog) 혹은 바다 안개(marine fog)라고 한다. 물리적으로 더 정확하게 정의하면 안개란 수증기가 응결하여 10% 내의 포화상태로 공기 중에 떠 있는 현상이다(Houghton, 1985).

본 연구의 대상인 해무는 해양의 영향을 주로 받아 저층에서 발생하는 경계층 내의 일기현상이지만 해무의 발생, 지속 및 소멸은 주로 해양과 대기의 상호작용에 의해 지배되고 국지성이 강하여 그 상황을 정확하게 파악하기란 매우 어렵다(Tremant, 1989). 특히 해상에서의 기상관측 자료는 주로 부이나 선박 관측으로 얻어지며, 관측지점이 매우 빈약하게 분포되어 있고 야간에는 관측이 거의 행해지지 않아 해무에 대한 정보가 극히 미비한 실정이

므로 해무에 대한 예보는 더욱 어렵다. 이러한 점에서 위성은 시·공간적으로 고해상도의 자료를 산출하며, 해상을 포함한 광범위한 영역을 한번에 상세하게 관측할 수 있는 고유의 장점을 가지므로 해무의 실황 파악에 매우 유용한 자료가 된다.

현재까지 수행된 안개의 발생이나 예보 등 안개 관련 연구는 주로 지역적이거나 국지적인 안개에 국한되었고 기후학적인 조건연구(Garmon et al 1996), 경험적 및 통계적 관계연구(Gimmestad, 1993 ; Matukawa, 1993) 그리고 수치 모델링에 의한 예보 연구가 주를 이루었고(Barker 1977; Bergot and Guedalia 1994), 최근에는 위성영상을 이용한 안개 및 하층운 탐지 연구가 일부 위성전문가들에 의해 수행되었다(Ellrod et al. 1989; Eyre et al, 1984; Murayama, 1980). 특히 Ellrod(1991, 1995)는 GOES와 NOAA/AVHRR의 다중채널 자료의 특성을 이용하여 야간 안개 및 하층운을 탐지하기 위한 다양한 시도를 하였다. 기상청(1997)과 김문옥(1998)에 의해 1986년부터 1995년까지 한반도 주변 해역에서 발생한 해무에 대해 중관적 및 통계적인 방법으로 해역별, 계절별 특성이 조사되었다. 최근에는 수치모델 실험에 의한 해무의 발생 및 예측 연구가 시도되었고, 위성자료를 이용한 연구로는 김영화 등(1997)이 NOAA/AVHRR 적외체 채널의 휘도온도차를 이용하여 야간 안개 및 하층운 탐지를 시도한 것 외에는 거의 전무한 상태이다(김해동, 1997; 기상연구소, 1998). 현재 기상청에서는 NOAA/AVHRR의 채널 3(6.7 μ m)과 4(11 μ m)의 휘도 온도차를 이용하여 야간 안개 및 하층운을 탐지하고 있으나 야간의 경우 NOAA 위성은 일 1회만 이용 가능하므로 효과적으로 사용되지는 못하는 상태이다.

따라서 본 연구에서는 한반도 주변해역에 대해 매시간 실시간 자료를 생산하고 있는 GMS-5 위성자료를 이용한 해무 탐지를 목표로 하고 있다. 이를 위해 해무탐지의 개념모델을 개발하였고 해무 발생시 중관장 특성을 도출하였다. 또한 사례일에 대해 모델을 적용하여 육상 시정 및 상대습도 관측자료와 비교·검증을 실시하였다.

2. 자료 및 방법

1) 주간해무 탐지

(1) 합성영상을 이용한 주간해무 탐지

합성 영상을 이용한 주간 해무 탐지의 기본적인 원리는 가시영상의 알베도값과 적외온도값의 2차원 히스토그램을 이용하는 것이다. Fig. 1은 각각 Meteosat과 GMS 위성의 적외와 가시채널에 대한 2차원 히스토그램의 특성을 보여준 것이다. 알베도

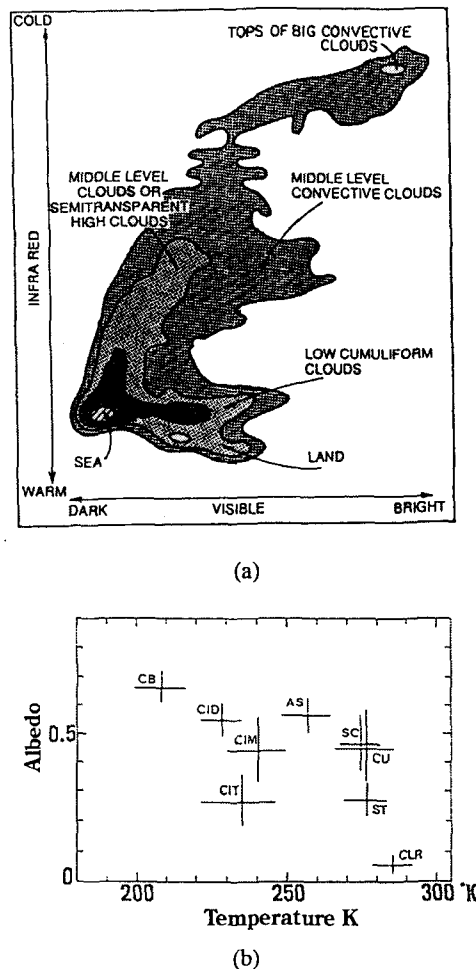


Fig. 1. Two-dimensional histogram(visible and infrared) of Meteosat pixel counts(Desbois et al. 1982) (a) and GMS(MSC) (b).

가 크고 휘도온도가 낮은 경우는 적란운과 같은 상층운역에 속하고, 알베도가 작고 휘도온도가 높은 경우는 청적역에 속한다. 해무는 해수면과 같이 고온의 휘도 온도를 가지지만 해무내의 수증기 증가는 반사도값을 증가시키는 특성이 있다. 이런 특성 때문에 해무는 해수면과 같이 고온의 휘도온도를 가지면서 상대적으로 높은 알베도 값을 가진다. 합성영상은 적외 1 채널과 가시 채널 자료를 합성하여 표출한 영상이다. RGB 칼라값에서 적외와 수증기 채널값은 Green, Blue에 할당하고, 가시 채널값은 Red에 할당하여 표출한다. RGB 칼라 특성상 Green, Blue 값이 작고 Red 값이 작을 땐 검은 색 계통에 가까워지고 동일한 Green, Blue값에서 Red 값이 증가하면 붉은 색에 가까워진다. 하지만 가시 채널값 즉 Red 값이 증가하더라도 적외 채널값 Green, Blue 값이 증가하면 흰색에 가까운 색이 표출된다.

(2) 가시누적히스토그램 기법을 이용한 주간해무 탐지

각 격자점에 대하여 누적 알베도 값의 84%와 16%에 해당하는 A(max)와 A(min) 값(Fig. 2)과 이

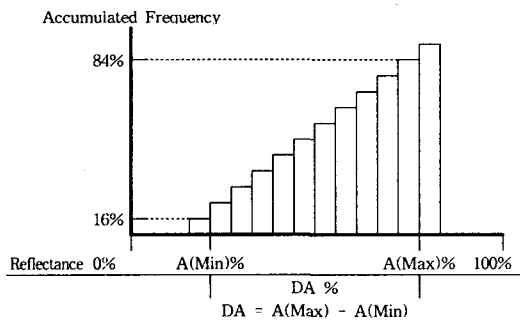


Fig. 2. Concept of cloud classification by visible data Histogram shows frequency of reflectance of VIS accumulated by the selected pixels. A(Min) is The value of reflectance of VIS corresponding to 16% of the accumulated frequency. A(Max) is The value of reflectance of VIS corresponding to 84% of the accumulated frequency. DA is Reflectance difference between A(Max) and A(Min), (Tokuno, 1996).

두 값의 차이를 나타내는 DA의 값을 이용하여 A(min)값이 20%이상이고 DA가 10%이하인 경우를 안개역으로 판별한다. A(min)이 20% 이상이기 위해서는 각 격자점에서 20% 이상이 알베도 값이 20%를 넘어야 하는 각 화소 당 높은 알베도 값이 있음을 나타내며, DA값이 10% 보다 작기 위해서는 고른 분포의 알베도 값을 가져야 하며 이는 하층운의 알베도 분산정도가 다른 중·상층운의 것보다 낮기 때문에 적용되어진다. 가시누적히스토그램 기법으로 안개를 판별하기 위한 모식도는 Fig. 3과 같다.

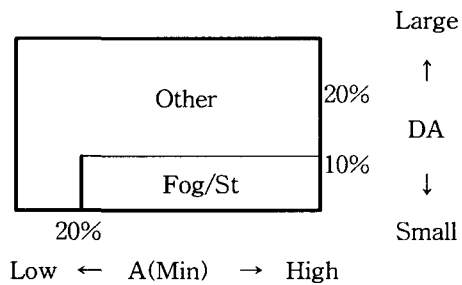


Fig. 3. Cloud classification in low cloud mode. A grid is classified into three classes (Cu, Fog and Other) by the two-dimensional histogram formed by A(Min) and DA, (Tokuno, 1996).

(3) 지표알베도 기법을 이용한 주간해무 탐지

운형 분류는 특정 위·경도로 나타내어지는 격자를 중심으로 주위 화소를 통계적으로 처리해 판별한다. 운형 판별 처리과정은 처리할 위·경도를 중심으로 적외자료와 가시자료는 5×5 픽셀에 히스토그램 자료를 수치분석 자료의 온도 자료와 비교하여 상층운, 중층운, 하층운, 청적역으로 구분한다. 본 연구의 수치분석 자료로써 GSM(Global Spectral Model)의 surface, 700hPa, 500hPa의 각각의 온도를 이용하였으며 채널1의 휘도 온도값이 surface의 수치온도값 이상일 때 청적역으로 구분 짓고, surface와 700hPa 수치온도값 사이에 분포할 때 하층운, 700hPa에서 500hPa사이에 휘도온도값이 있을 때 중층운 그리고 500hPa의 수치온도값

이하일 때 상층운으로 4가지의 운형을 1차적 분류한다. 또한 2차적으로 한 격자내 청정역 화소의 수(NA), 하층운역 화소의 수(NB), 중층운역 화소의 수(NC), 상층운역 화소의 수(ND)를 산정하고 4가지 운형의 총 화소의 수(N)에 대하여 청정역 화소의 수(NA)가 80%에 해당할 때 청정역으로 그리고 60%, 70%, 80% 각각 하층운, 중층운, 상층운으로 최종 결정하였다.

지표알베도 기법에서는 위와 같은 운형 분류에 의해 결정되어진 하층운역에서의 알베도의 특성값을 도출하여 해무역을 탐지하는 방법이다. 이 방법은 각각의 격자에 대한 한달 최소 지표알베도값을 적용한 것이다. 각 격자점의 누적지수 16%에 해당하는 알베도값(A(min))이 각 격자점의 한달 최저 알베도값에 0.1을 더한 값(임계값) 보다 작을 때의 특성값을 도출하여 해무역을 판별한다.

2) 야간해무 탐지

(1) 적외누적히스토그램 기법을 이용한 야간해무 탐지

주간에는 가시영상자료를 해무를 탐지할 수 있지만 야간에는 가시영상자료를 이용할 수 없기 때문에 적외영상자료만 이용할 수 있는데 이는 건조 지역에서 주위 지역보다 상대적으로 어둡거나 밝게 나타나는 지역을 판별하여 안개역을 추정하였다. 하지만 이 방법은 육지의 역전층에 의해서 주위보다 휘도온도가 높은 지역을 탐지하는 방법으로 연안에서 내륙으로 진출하는 안개의 경우 식별이 가능하나 해무탐지에 적용하기 어렵다. 해무의 꼭대기 온도와 해수면온도는 거의 차이가 없기 때문에 청정역의 해수면 온도와 매우 미미한 차이를 보인다. 해수면 온도의 수평적인 차이와 해무로 인한 휘도온도의 차이를 정확히 구분하기가 힘들다. 따라서 본 연구에서는 Tokuno(1996)가 일본기상위성센터의 운형분류 프로그램의 한 부분으로 적외누적지수차 기법을 이용하여 해무탐지를 시도하였다. Tokuno(1996)는 누적지수차 DT와 DDT12와 DT12(min)의 특성값을 이용하였다. 여기서 DT는 적외 1 채널의 누적지수차로 전체 누적히스토그램의 84%와 16%의 차로 정의하고 DDT12는 적외 1

채널과 2 채널의 차의 전체 누적 숫수의 84%와 16%의 차로 정의하며 DT12(min)은 적외 2 채널차의 16%에 해당하는 값으로 정의한다. DT와 DDT12의 특성값을 이용하여 하층운 모드에서 안개역을 판별하기 위한 알고리즘은 Fig. 4 에서와 같이 DT가 1.5K 보다 작고 DT12(min)이 0.5K 작으며 DDT12가 0.5K보다 작을 때 안개 및 하층운역으로 판별한다.

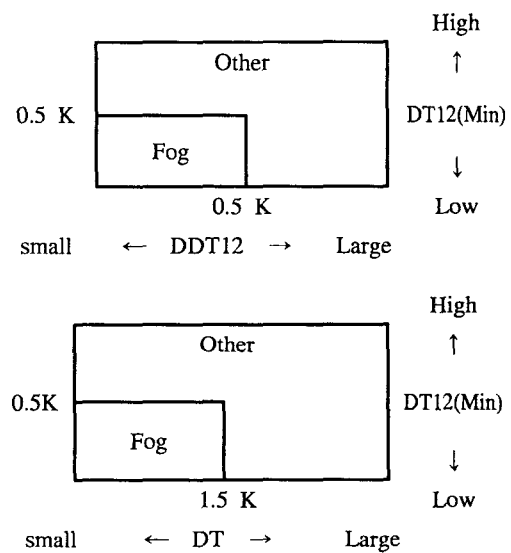


Fig. 4. Fog detection in low cloud mode. The grid is judged Fog if it is satisfied that DDT12 is less than 0.5K, DT12(Min) is less than 0.5K and DT is less than 0.5K, (Tokuno, 1996).

(2) 최대 적외온도값 기법을 이용한 야간해무 탐지
최대 적외온도값 기법은 적외 1 채널 휘도온도값의 최대값(T_month_max)을 이용하는 것으로 이는 한달 동안의 누적지수 84%에 해당하는 최대 온도값을 말하며 청정한 날에 대한 각 격자점에서의 고유값으로 결정된다. 해무 발생일의 적외 채널 1의 84%에 해당하는 휘도온도값 T_max이 700hPa에서의 GDAPS(Global Data Assimilation and Prediction System) 수치온도값(gsm_700)보다 크고 최대 적외온도값의 임계값(T_max_trs)보다 작을 때 해무역으로 판별한다. 이때 적외온도값의 임

계값(T_{max_trs})은 육지일 때 최대 적외온도값(T_{month_max})에서 6°C 을 뺀 값($T_{land_max_trs}$) 그리고 해양일 때 4°C 을 뺀 값($T_{ocean_max_trs}$)으로 정의되며 이 상수값은 육지와 해양의 비열차를 고려하여 경험적으로 설정한 값이다.

3. 결과 및 고찰

1) 연안안개 발생에 적합한 종관장·해양장 분석의 사례

해무는 온난 습윤한 공기가 차가운 해수면을 지나거나 한랭 습윤한 공기가 따뜻한 해수면을 지날 때 발생하는 이류무이다. 전자는 난기 이류형으로 난기류가 찬 해수면 위를 지날 때 나타나는 종관 상태이다. 수증기가 응결되면서 안개로 형성되어지며 수증기와 해수면이 더 이상 플럭스 교환이 없는 포화상태에 도달할 때 안개 상부의 복사 냉각으로 인하여 성장하다가 다른 성질의 기단이 이동할 때 사라지게 된다. 이러한 난기이류형 종관적 상태로 1999년 5월 12일 00UTC로 사례일을 선택하였으며 이때 지상일기도는 한반도가 고기압에 걸쳐져 있으며 한반도 상부 동쪽 부근에 저기압대가 형성되어 850hPa에서의 수증기속과 유적선이 북쪽으로 난기가 이동함을 나타내고 있다(Fig. 5). 한기류가 높은 해수면온도로 인하여 불안정층으로 발달하여 차가운 기층의 내부에서 대류혼합층이 발달한다. 대류가 활발해질수록 증발량이 증가하고 운량이 증가하여 안개 혹은 층운형의 구름이 발생한다. 운량이 증가하면 복사냉각이 증가하므로 냉기류의 내부는 더욱 불안정해진다. 하층운에 덮힌 대기혼합층 상부에서의 장파복사냉각은 혼합층 상부의 기류를 냉각화시켜 대류운동을 가속화시킨다. 또한 연안지역에서 야간 육풍이 흘러들어오면서 해수면에 불안정층을 야기하여 안개가 발생하기도 한다. 이러한 물리적 메커니즘을 기반으로 한기 이류형이라 명명하였으며 본 연구의 사례일은 1999년 5월 10일 00UTC로 선택하였다. Fig. 6.과 같이 지상일기도에서는 한반도와 그 상부에 고기압대기 형성되어져 있고, 하부에 저기압이 위치한 상태를 보이고 있으므로 850hPa 수증기속과 유적선을 보면 알 수 있듯이 찬 수증기가 한반도를 경유하여

남하하고 있음을 알 수 있다. 위와 같이 두가지 유형으로 종관장을 구분해 보았으며 본 연구에서는 연안 안개 발생시 한기 이류형(1999년 5월 10일 00UTC) 종관상태하에서 오산의 연직 하층 수증기 변동상태를 살펴보았다.(Fig. 7.) 10일에 접어들면서 850hPa 이하의 저층에서 기온과 노점온도의 차이($T-T_d$)가 줄어들고 있으므로 수증기량이 점차 증가함을 알 수 있다.

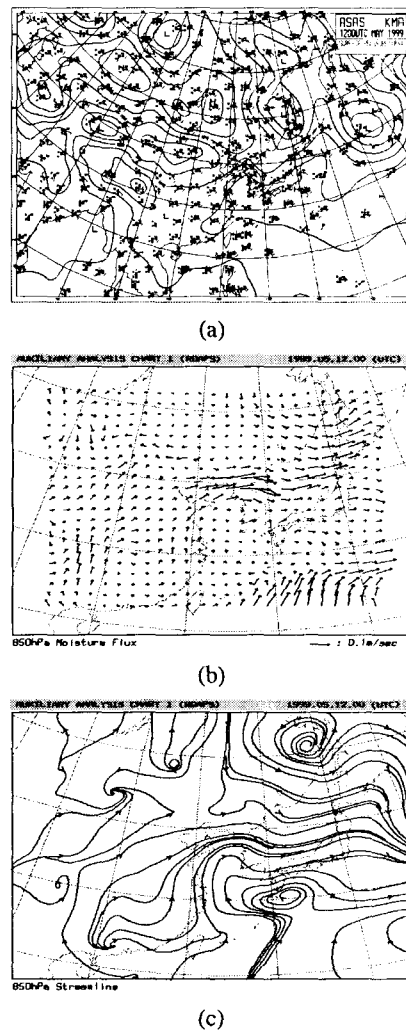


Fig. 5. (a)surface pressure map, (b)Moisture Flux and (c)Streamline in 850hPa for 00UTC 12 May. 1999.

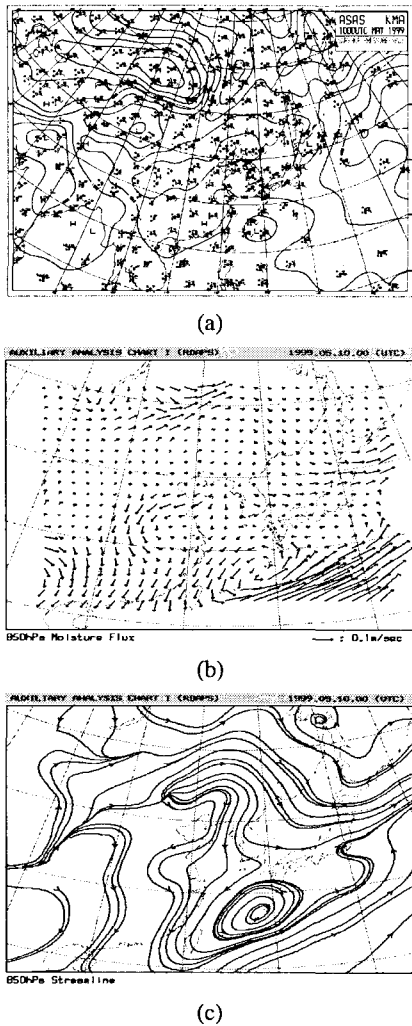


Fig. 6. (a)Surface pressure map, (b)Moisture Flux and (c)streamline in 850hPa for 00UTC 10 May, 1999.

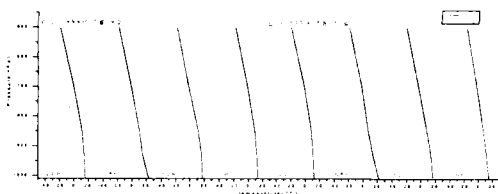


Fig. 7. Vertical variation of T(air temperature) and Td(dew point temperature) at Osan observation station.

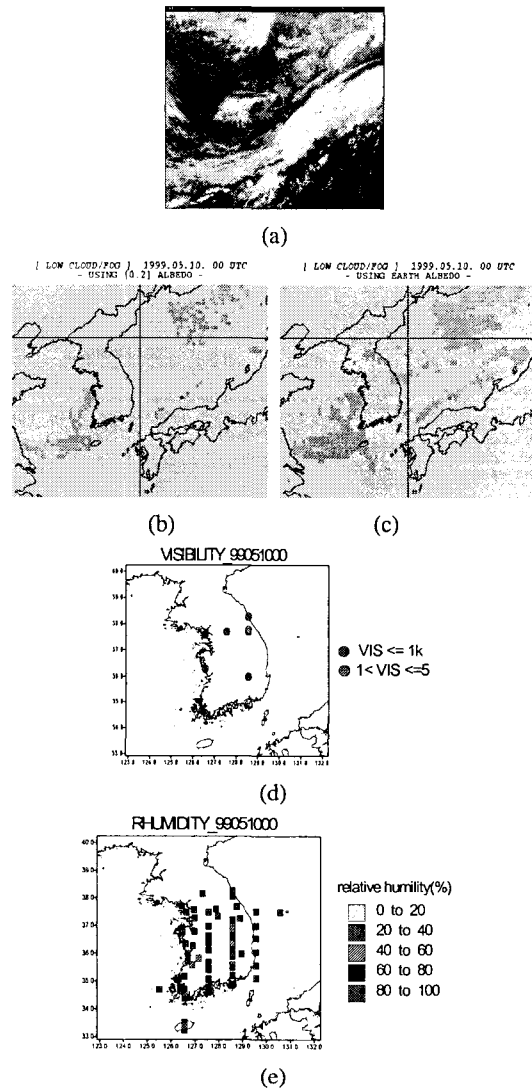


Fig. 8. (a)Composite image, (b)visible accumulate histogram difference image, (c)surface albedo image, (d)visibility and (e)relative humidity at 00UTC, 10 May, 1999.

2) 주간해무 사례연구(1999년 5월 10일 00UTC)

주간 해무 탐지방법으로 합성영상, 가시누적히스토그램 그리고 지표알베도값 기법을 이용하여 1999년 5월 10일 00UTC의 사례일에 대해서 비교 분석하였다. 이를 위해 해무역의 검증에 대한 관측값이 필수적이나 해양상의 부이 자료와 해안의 등

대 자료의 부족과 현재까지 일관성있는 자료의 부재로 인하여 최근 사례일에 대한 검증자료로 부적당하여 연안부근 해무발생이 육지에 미치는 영향을 고려하여 육상 시정 자료상대습도와 비교하였다. 합성영상에서는 한반도 서해남부연안에서 제주도를 거쳐 넓게 붉은색으로 안개역이 탐지되고 있으며 가시누적히스토그램 기법 역시 비슷한 영역에 안개가 나타나고 있으나 그 범위가 좁고 지표 알베도 기법의 경우 합성영상과 안개역의 범위가 아주 유사하게 나타나고 서해 안개역 뿐만 아니라 동해 북부의 안개 및 하층운도 합성 영상과 같은 영역을 보이고 있다.(Fig. 8a,b,c)

해양상의 관측자료가 없으므로 육상 시정 및 상대습도자료를 이용하여 연안 안개의 발생을 검증하였다. 가시누적히스토그램 기법을 이용한 해무탐지시 시정 1km이하, 상대습도 80%이상인 지역 보령지역에서 일치하였고 지표 알베도를 이용한 해무탐지시 보령, 목포, 강릉지역에서 일치하였다 (Fig. 8d, e)

3) 야간해무 사례연구(1999년 5월 10일 18UTC)

야간해무 탐지 기법으로 적외누적히스토그램과 최대휘도온도값 기법을 1999년 5월 10일 18UTC에 적용하여 해무를 탐지하였다. NOAA/AVHRR 적외차 기법을 이용한 안개 및 하층운역을 추정은 비교적 알고리즘이 안정되었고 지상관측 자료를 이용하여 검증된바 있기 때문에 신뢰성이 있다. 따라서 NOAA/AVHRR 적외차 영상과 비교함으로써 안개 및 하층운역 탐지를 검증할 수 있다(Fig. 9a). 사례일에 대하여 적외누적히스토그램 기법을 적용한 결과 해무역이 거의 탐지되지 않았으며(Fig. 9b) 육상 시정 및 상대습도와도 전혀 일치하지 않았다(Fig 10d). 최대 온도값 기법을 이용한 해무탐지는 한반도 서해 남부쪽의 해무역을 탐지하였으나 동해상의 많은 하층운을 탐지함으로써 야간해무 탐지를 위한 최대 온도값기법의 이용에 보완이 요구되어지며(Fig. 9c) 시정 5km이하, 상대습도 80%이상인 지역이 군산, 강릉지역에서 일치하였다. 그러나 해무역으로 탐지된 경남 일부지역의 시정 및 상대습도와는 불일치하였다(Fig. 9d, e).

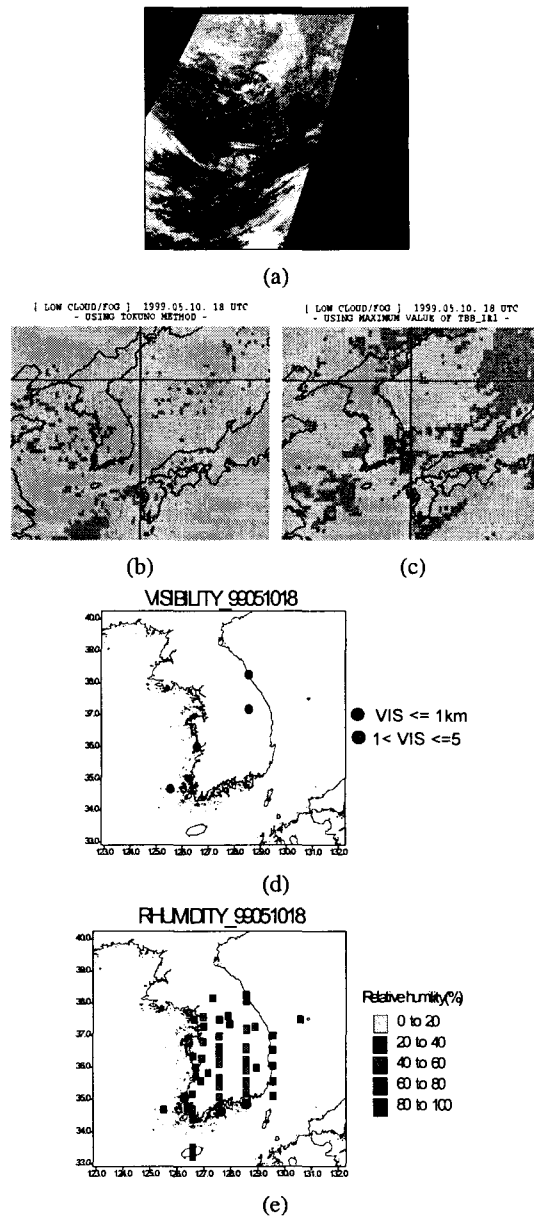


Fig. 9. (a)Composite image, (b)visible accumulate histogram difference image, (c)surface albedo image, (d)visibility and (e)relative humidity at 18UTC. 10 May, 1999.

4. 결론

GMS-5 위성은 정지궤도 위성으로 한반도 주변

의 기상상태를 실시간으로 연속적인 관측을 하고 있다. GMS-5 위성은 한개의 가시채널과 세 개의 적외채널로 이루어진 VISSR라는 복사계를 탑재하고 있다. 적외 1, 2 채널은 완벽한 split window를 구현하기에는 주파수 해상도가 떨어지기 때문에 NOAA나 GOES와 같이 적외차 기법에 의한 안개 및 하층운 탐지 기법을 쓰기가 어렵다. 따라서 야간 안개 탐지는 고온역의 휘도온도값을 강조하여 안개역을 탐지하여 왔다.

본 연구에서는 주간과 야간의 경우 가시누적히스토그램 기법과 지표알베도값 기법을 이용하여 안개역 탐지를 시도하여 보았다. 가시 누적히스토그램은 주어진 격자점에 대하여 각 픽셀당 휘도온도값을 내림차순으로 정렬한후 84%와 16%에 해당하는 알베도값의 차이(DA)값으로 분산정도가 10%이하이고 최소알베도값(Amin)이 20%이하 일 때를 해무역으로 탐지하여 하층운역에서의 안개를 탐지하였다. 지표 알베도기법은 격자점에 대한 한달동안의 최소알베도를 도출하여 그 값을 격자점에 대한 고유값으로 정의하여 안개역 탐지의 임계값으로 사용하였다. 그 결과 지표 알베도값 기법이 가시누적히스토그램 기법보다 격자점에 대해 고유값을 적용함으로써 합성 영상과 비슷한 해무역으로 탐지되었다.

야간의 경우 적외누적히스토그램 기법과 최대온도값기법을 이용하여 야간해무역을 탐지하였다. 적외 1 채널의 적외누적지수차를 DT로 정의하고 DT값은 주어진 격자점의 유형에 대한 정보를 제공한다. 즉 DT값이 적을수록 청전역에 가까우며 DT값이 클수록 상층운에 가깝다. 적외 1 채널과 2 채널의 차이에 따른 적외누적지수차를 DDT12값으로 정의하였다. DT와 DDT12값이 작을수록 구름이 적은 청전역에 해당한다. 본 연구에서는 Tokuno 방법에 따라 적외누적히스토그램 기법을 적용하여 DDT12가 0.5이하이고 DT12(Min)이 0.5이하 동시에 DT가 1.5이하일 때 해무역으로 판별하였다. 그리고 최대온도기법은 격자점에 대한 한달동안의 적외 1채널의 누적지수 84%에 해당하는 최대휘도온도값을 이용한 것이다. 육지와 해양의 비열차를 고려하여 경험적으로 각각 최대휘도온도값에서 6℃와 4℃를 뺀값을 최대 휘도온도 임계값으로 정

의하여 해무발생시 적외 1채널의 84%에 해당하는 적외온도값이 700hPa의 수직온도값보다 크고 최대 휘도온도임계값보다 작은 값을 가질 때 해무역으로 판별하였다. 그 결과 적외누적히스토그램 기법을 이용한 야간해무탐지는 불가능하였으며 최대휘도온도값 기법은 NOAA-AVHRR의 적외차에 의해 판별된 해무역과 일치함을 보였다.

본 연구 결과를 통해 주간과 야간의 경우 거의 완벽한 해무 탐지가 이루어지고 있으나 야간의 경우 적외 채널 1의 최대온도값 방법을 적용한 알고리즘을 이용하여 GMS-5 위성자료를 이용한 해무탐지의 가능성을 제시할 수 있게 되었다.

사 사

본 연구와 관련하여 많은 조언과 위성자료를 끼꺼이 제공해준 기상연구소 원격탐사연구실의 모든 연구원님들께 깊이 감사한다.

참고문헌

- Anthis, A. L. and A. P. Cracknell, 1998. Fog detection and forecast of fog dissipation using both AVHRR and METEOSAT data. *9th SAT. MET./OCEAN*, P2.42B: 270-273.
- Barker, E. H., 1977. Maritime boundary-layer model for the prediction of fog. *Bound.-Layer. Meteor. Hydrol.*, 1: 33-38.
- Bergot, T., and D. Guedalia, 1994. Numerical forecasting of radiation fog. Part I : Numerical model and sensitivity test. *Mon. Wea. Rev.*, 122: 1218-1230.
- Croft, P. J., R. L. Prost, J. M. Medlin and Johnson, G. A., 1997. Fog Forecasting for the Southern Region : A conceptual model approach. *Wea. Forecasting*, 12: 545-556.
- Ellrod, G. P., 1991. Nighttime fog detection with bi-spectral GOES-VAS imagery. *Proceedings, Fourth International Conference on Aviation Weather Systems*, May 24-28, 1991, Paris, France. *Amer. Meteor. Soc.*, Boston, 71-75.

- Ellrod, G. P., 1995. Advances in the detection and analysis of fog at night using GOES multispectral infrared imagery. *Wea. Forecasting*, 10: 606-619.
- Ellrod, G. P., E. Maturi, and Lt(jg) J. Steger, 1989. Detection of fog at night using dual channel GOES-VAS imagery. Proceedings, twelfth Conference on Weather Analysis and Forecasting. October 2-6, 1989, Monterey, California, *Amer. Meteor. Soc.*, Boston, 515-520.
- Eyre, J. R., J. L. Brownscombe, and R. J. Allam, 1984. Detection of fog at night using Advanced Very High Resolution Radiometer(AVHRR) imagery. *Meteorol. Mag.*, 113: 265-271.
- Garmon, J. F., D. L. Darbe, and P. J. Croft, 1996. Forecasting significant fog on the Alabama coast : Impact climatology and forecast checklist development. *NWS Tech. Memo. NWS SR-176*, 16pp.
- Gimmestad, C., 1993. A statistical forecasting method for fog at Olympia. Washington. *Western Region Technical Attachment* 93-15, 6pp.
- Houghton, D. D., Ed., 1985. Handbook of Meteorology. *Amer. Meteor. Soc.*, 638 pp.
- Matukawa, M., 1993. Statistical Study on the Regional and Seasonal Distribution of Fog in the Far East Region by Using GMS Imagery. *氣象衛星 センター 技術報告*, 第 26号: 35-47.
- Murayama, N., 1980. Sea Fogs Observed at Ourazaki, Seto Inland Se with those revealed by the GMS Satellite. *海와 空*, 第 55卷, 第 2-3合併号: 133-147.
- MSC, 1997. The GMS user's guide, Meteorological Satellite Center of Japan, 190 pp.
- Tokuno, M and R. Kumabe, 1996. Satellite Nephanalysis Information Chart(SNIC). *氣象衛星 センター 技術報告特別号*: 119-138
- Tremant, M. 1989. The forecasting of sea fog. *Meteorol. Mag.*, 118(1401): 69-75.
- 기상연구소, 1998. 해양대기 관측시스템 연구(III). 724pp.
- 기상청, 1997. 한반도 연안 해무 특성집. 136pp.
- 김영화, 김진철, 김금관, 이희훈, 이미자, 1997. NOAA/AVHRR 적외차 자료를 이용한 야간 안개 및 하층운 탐지. *J. Atmospheric Research*.14(1): 15-19
- 김문옥, 1998. 한반도 주변 해역의 해무 분포 특성, 전남대학교 석사학위 논문. 64pp.
- 전종갑, 이은정, 류승아, 유수현, 1998. 우리나라 지역별 안개발생 특성과 대기 오염물질 농도와의 관계. *한국기상학회지*, 34(3): 486-496.



윤 홍 주(尹 洪 周)
소 속 : 여수대학교 해양시스템
학부 해양시스템공학
전공(해양공학과)
학 위 : 위성원격탐사공학 박사
(프랑스 Grenoble I
대학, 1997)

*연구분야 : 위성해양학, 위성기상학, GIS, GPS