

# 항공기상 기술동향(제4호)

2018. 6. 21.(목)

## □ 독일기상청의 항공에 설치된 항공기상 관측장비

- 프랑크푸르트 공항과 뮌헨공항의 윈드시어 탐지는 LIDAR와 소형 RADAR의 조합으로 구성. 프랑크푸르트 공항의 항공기상 관측장비는 RVR, 운고계, 기압계(이상 핀란드 VAISALA사)와 풍향풍속계, 온·습도계, 강우감지기(이상 독일 제작사) 등 우리 청과 비슷하게 운영되고 있었으나, AUTO 전문을 위해 우박탐지 센서(독일, EIGENBRODT사)를 운영 중인 것이 우리 청과 다른 점이었음.

## □ 고고도 빙정의 위성탐지 및 나우캐스팅

- 히마와리-8 다채널 데이터와 AIREP의 온도를 통계적 방법으로 깊은 대류구름 속 작은 얼음결정(고고도 빙정, HAIC)을 판단하는 방법 소개. 이 지역을 찾고, 위성이미지에 중첩 표출했으며 연속된 두 개의 위성 이미지에서 산출된 대기운동벡터를 1시간 이후 위치를 예상하는 데 이용

## □ 수치모델에 구성된 운동에너지를 이용한 난류예보 생산 가능성

- 독일기상청 삼각격자비정역학모델(ICON, 1999)을 이용하여 난류에너지 영향력 민감도 수치실험. 난류운동에너지는 연직시어, 부력, 격자보다 작은 지형 효과, 대류, 수평시어, 소산항으로 구성. 이 항들이 난류신호를 생산하기 위해 어떻게 같이 작용하는지 아이디어를 제공. 몇 가지 검증 결과를 제시하고 다른 항들과 표준 난류지표 비교

## □ 고해상도 수치모델에서 파생된 필드와 MADIS DB의 관측자료에서의 난류를 진단하기 위한 클러스터링 방법

- 비행기 관측 난류값과 수치모델 값을 결합하기 위한 방법 제시. MADIS는 관측치를 얻는 데 사용. HARMONIE-AROME 모델은 파생 필드를 얻는 데 사용. 가장 많이 사용된 파생장 중 난류생성 메커니즘을 다양하게 포함하려고 시도. 모든 필드에 대해 AUC 점수 이력 처리

## □ 독일기상청의 항공에 설치된 항공기상 관측장비

※ 출처: 2018년도 공무국외여행보고서 (ICAO 항공기상업무 프로세서 개선을 위한 항공 기상관측망 선진 기술협력 교류)

### ○ 프랑크푸르트 공항의 항공기상 관측장비

- 대부분 센서가 우리 청과 유사하게 운영되고 있으나, AUTO 전문을 위한 우박탐지 센서는 우리 청에서 운영하고 있지 않은 센서
- 모든 센서는 하나의 폴에 2개씩 설치되어 이중화되어 있으며, 한 위치에서 2센서가 모두 장애 시, 자동적으로 백업 사이트 전환
- RVR/운고계/기압계 제조사는 VAISALA(핀란드), 그 외는 독일 회사.
- 원격탐지장치(RADAR, Lightning network, 위성)는 대류요소를 추가에 사용
- RVR/풍향풍속계/운고계는 활주로 양 끝단에 위치하고 있으며, 기압계/온·습도계/강수형태 및 강도 측정/강수유무 센서는 활주로 중앙에 위치



### ○ 윈드시어 탐지장비(프랑크푸르트, 뮌헨): LIDAR+소형 RADAR

#### ○ LLWAS(Low Level Windshear Alert System) 현황

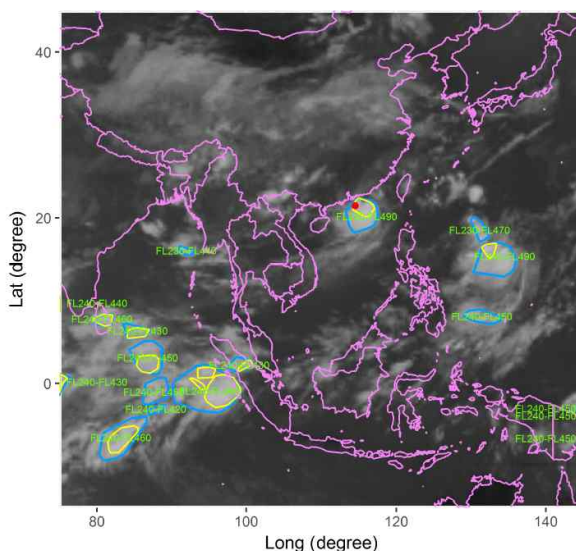
- (검증) 2014년 2월부터 7월까지 검증하였으며, RainDart(Selex 제조) 특별 프로그램을 사용하였음. ‘고객-서버-시스템’은 연계되어 있음.
- (Blank 구역) 프랑크푸르트 LIDAR는 TDWR 타워, TDWR은 관제탑의 지상감시레이더에 의해, 뮌헨공항 LIDAR는 TDWR, TDWR은 관제탑에 의해 블랭크 지역 발생

Parameter	Lidar, Windtracer WTX (Lockheed Martin, 미국)	TDWR(소형), Meteor 50DX Selex ES(독일)
설치지점	프랑크푸르트공항, 뮌헨공항	프랑크푸르트공항, 뮌헨공항
설치(운영)년도	2013년(2015년)	2013년(2015년)
최대탐지거리	10~15km (일반적 상태 : 6km)	100km
최소탐지거리	300m	500m
유지보수업체	Selex ES	Selex ES
민감도	매우 민감 (이동 시 장애 종종 발생)	보통 (잔고장이 거의 없음)
특이사항	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 전원부 2-3년마다 교체 시 6주 소요. 교체 비용도 고려해야 함.</li> <li>· 송신부(transiver) 뚜껑을 열 수 없어 고장 시 교체만 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Heavy rain일 경우 탐지가 어려움</li> </ul>
성능개선	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 프랑크푸르트 라이다 중심부분의 circle(blank area) 개선에 500,000€(한화 약 6억원) 요구</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Calibration 비용이 비쌈</li> </ul>
주변환경 영향	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 뮌헨공항은 산은 없으나 높은 빌딩이 있어 LIDAR가 TDWR보다 좀 더 유용함</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 프랑크푸르트공항이 뮌헨보다 해발 고도가 500M 더 높아 LIDAR보다 RADAR가 더 유용함</li> </ul>

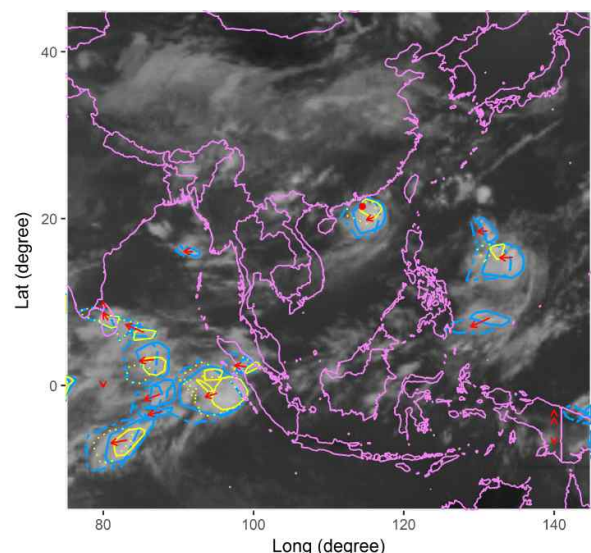
## □ 고고도 빙정의 위성탐지 및 나우캐스팅

※ 원문: YN Ng, Hong Kong Observatory, Satellite Detection and Nowcasting  
 High-altitude Ice Crystals, WMO Aeronautical Meteorology Scientific Conference 2017  
 (France Toulouse, 6-10 November 2017)

- HIWC(high ice water content) 지역은 깊은 대류와 관련 있다. 대류성 구름의 강한 상승기류는 물방울을 고고도로 빠르게 이동시킬 수 있으며, 이런 물방울은 40 $\mu$ m만큼 작은 얼음결정으로 얼어붙는다. 이렇게 결정이 작아지면, 항공기에 탑재된 기상레이더에 탐지되지 않아 위협이 될 수 있다.
- 돌출구름(overshooting top)을 찾기 위해 수증기 채널과 적외 채널 간 밝기 온도 차이를 이용했고 물과 얼음의 흡수계수 차이를 가진 적외 채널을 이용해 얼음결정 지역을 찾았다.
  - 히마와리-8 채널 5개: B3(0.64 $\mu$ m), B7(3.9 $\mu$ m), B9(6.9 $\mu$ m), B12(9.6 $\mu$ m), B13(10.4 $\mu$ m)
  - 가시채널인 B3은 해상도가 높고 물과 얼음의 태양 반사율이 구분됨.
  - B7 및 B13은 강한 상승기류를 동반한 cold cloud top 구별에 이용
  - B9는 돌출구름을 찾기 위해 B13과 함께 보편적으로 사용
  - 오존채널 B12는 오존농도 차이에 근거해 차가운 기단과 따뜻한 기단 구별
- 깊은 대류활동 지역이 위성사진에 파란색 다각형으로 그려졌다. 충분한 태양복사가 있다면, 노란색 다각형 또한 매우 차가운 운탑에 있는 작은 얼음결정 영역을 좁히기 위해 제공[그림1]. 대기활동벡터는 두 개의 연속적인 위성사진으로부터 도출되며 1시간 예상위치를 추정하는데 이용[그림2].



[그림1]  
 파란선: 높은 구름의 깊은 대류활동 지역  
 노란선: 운정 온도가 매우 낮은 곳의 작은 얼음결정

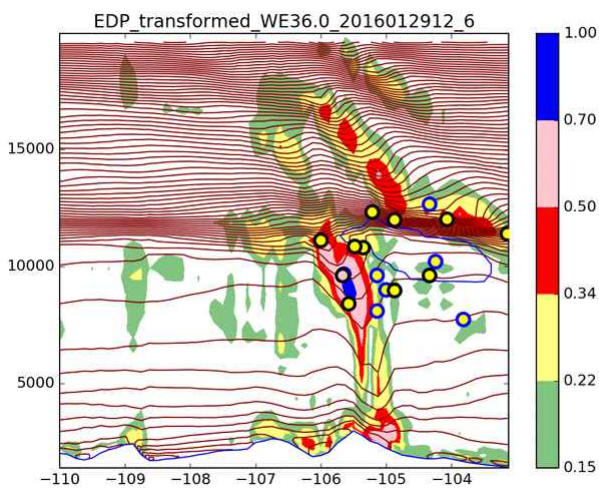


[그림2]  
 화살표: 2017. 9. 3. 0330Z과 0340Z 위성영상의 대기운동벡터를 이용해 예상한 위치  
 빨간점: 조종사 보고 착빙(0345Z FL250 중강도)

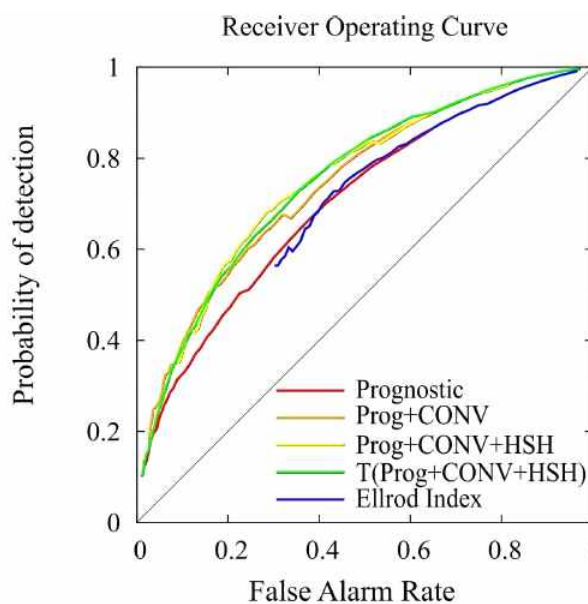
## □ 수치모델에 구성된 운동에너지를 이용한 난류예보 생산 가능성

※ 원문: Tobias Goecke, Deutscher Wetterdienst, Turbulence forecasting with ICON @ DWD: method, cases and verification, WMO Aeronautical Meteorology Scientific Conference 2017 (France Toulouse, 6-10 November 2017)

- 객관적인 난류 측정은 EDR(Eddy Dissipation Rate)의 세제공근인 EDP(Eddy Dissipation Parameter)를 사용한다. EDR은 필수 구성요소이며 모든 NWP 모델과 소규모 수송 과정을 설명하는데 사용되는 중요한 난류 매개 변수이다. 따라서 이것이 모델 물리과정에서 난류 예측을 직접적으로 뒷받침하는 논리적으로 모순이 없는 방법이다.
- 대류, 아격자 규모의 지형과 수평 시어처럼 매개화하여 풀리지 않는 방정식에서 발생한 난류운동에너지(Turbulence Kinetic Energy, TKE)의 소스를 고려한다. TKE의 소스는 대류적으로 유도된 난류(Convectively Induced Turbulence, NCT), 산악파에서 생긴 난류(turbulence induced by mountain wave), 청천난류(CAT)와 연관지어 고려해야할 수도 있다. 이러한 소스항의 사례를 보여주고 이러한 항들이 난류 신호를 생산하기 위해 어떻게 같이 작용하는지 몇 가지 아이디어를 제공할 것이다.
- 몇 가지 검증 결과를 제시하고 다른 항들과 표준 난류 지표를 비교한다. 항공 관점 외에도 아격자 규모 매개화 즉, 난류, 대류, 아격자 규모 지형은 모델 구성 관점에서 가치가 있다. 일반적으로 다른 범주에서 하위규모 운동의 분리는 모의된 것이며 항상 확실한 것은 아니다.



[그림 3] 산악파 사례

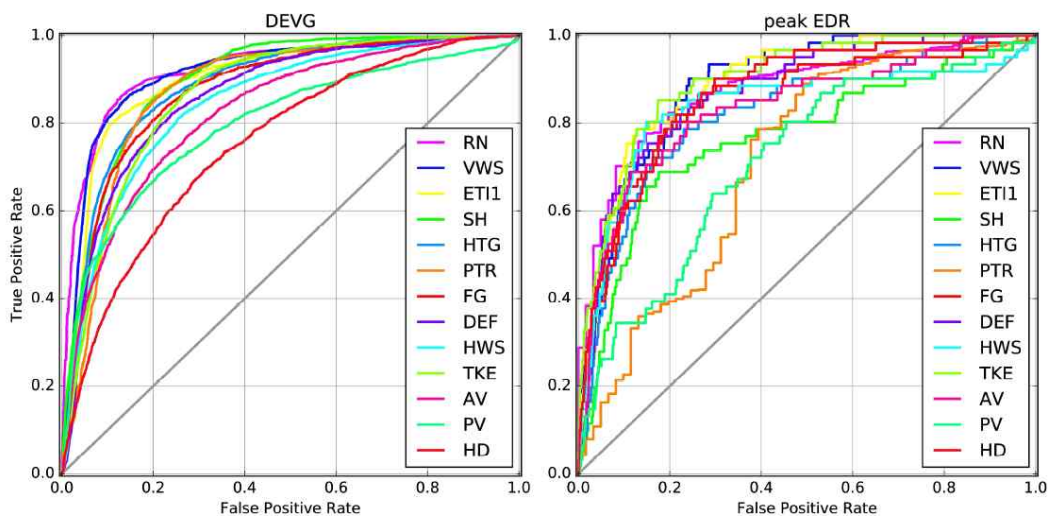


[그림 4] 검증(verification)

# □ 고해상도 수치모델에서 파생된 필드와 MADIS DB의 관측자료에서의 난류를 진단하기 위한 클러스터링 방법

※ 원문: Juan Simaro Grande, AEMET, A clustering method for diagnosing turbulence from MADIS database observations and derived fields from a high resolution NWP model, WMO Aeronautical Meteorology Scientific Conference 2017 (France Toulouse, 6–10 November 2017)

- 이 연구는 비행기 관측 난류값과 수치모델 값을 결합하기 위한 방법 제시. 대부분, 서로 근접하고 적절한 거리를 갖는 난류 관측값을 클러스터링.
- MADIS는 전세계 관측을 제공하는 기상관측 데이터베이스 및 데이터전달 시스템. 상업용 항공기 관측자료가 포함되어 있으며 관측치를 얻는 데 사용.
- 파생필드를 얻는데 사용한 HARMONIE-AROME 모델은 유럽과 아프리카 26개국이 협력하여 개발, 유지관리, 검증. 연직해상도는 모델 상단 10hPa, 가장 낮은 레벨은 12m. 수평해상도는 2.5km, 모델 시간 간격은 75초.
- TKE 예상 변수는 난류와 강한 상관관계가 있는 직접적인 모델 산출물. 그러나 현재는 완벽한 예측인자가 아니므로, 가장 많이 사용된 파생장 중 난류생성 메커니즘을 다양하게 포함하려고 시도
- 모든 필드에 대해 AUC 점수에 대한 이력 처리. 표의 결과는 null 또는 light 그리고 중간 또는 심한 난류(DEVG 10.0m/s 및 Peak EDR 0.2m<sup>2</sup> / 3s<sup>-1</sup>) 사이를 구별하는 절단값으로 표현. DEVG 쌍에 대한 최고점은 리차드슨 넘버(RN), 연직윈드시어(VWS), 비습(SH) 및 Ellrod Index(ETI1)에 대해 각각 0.923, 0.915, 0.899, 0.898. Peak EDR 쌍에 대한 최고점은 TKE, ETI1, VWS 및 RN에 대해 각각 0.899, 0.892, 0.889, 0.878.



[그림 5] 개별 인덱스 성능

모든 레벨에 대한 ROC 곡선. 왼쪽은 DEVG(컷오프 값이 10m/s), 오른쪽은 Peak EDR(컷오프 값이 0.2 m<sup>2</sup>/3s<sup>-1</sup>)에 대해 테스트된 필드. 필드는 리차드슨 넘버(RN), 연직윈드시어(VWS), Ellrod Index(ETI1), 비습(SH), 수평 온도경도 (HTG), 온위울(PTR), 전선발달(FG), 변형(DEF), 수평윈드시어(HWS), 난류 운동에너지(TKE), 절대 와도(AV), 잠재와도(PV)와 헬리시티 밀도(HD).