

# 风云四号定量产品科学算法开发和应用

李俊

On behalf of  
风云四号定量产品科学算法开发团队

2018年风云气象卫星用户大会  
12 – 13 November 2018  
成都，四川



# 报告内容

- 国际新一代地球静止气象卫星及定量产品科学算法开发；
- 风云四号定量产品科学算法开发、检验和应用；
- 新产品开发和新应用研究；
- 定量产品科学算法开发总结。

# 1. 背景：世界迎来新一代地球静止轨道（GEO） 气象卫星时代

## 在轨新一代地球静止轨道气象卫星及观测能力

- 日本（Himawari-8/09） - 2014年10月，2016年11月（成像）
- 美国（GOES-16/-17） - 2016年11月19号，2018年3月1号（成像，闪电）
- 中国（FengYun-4A） - 2016年12月11号（成像，垂直探测，闪电）

# 风四定量产品算法开发的重要性

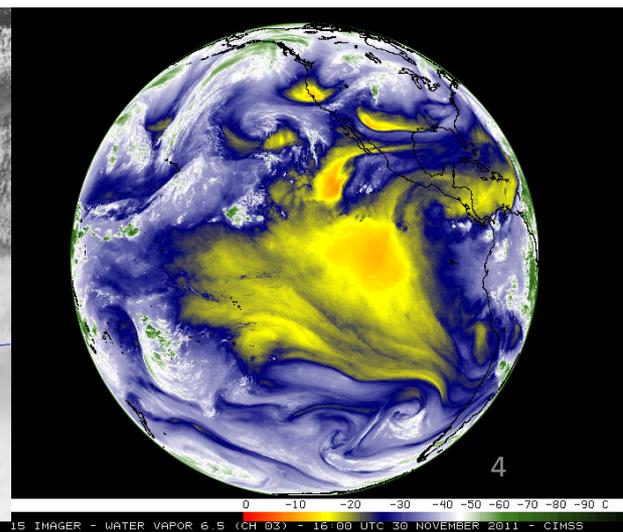
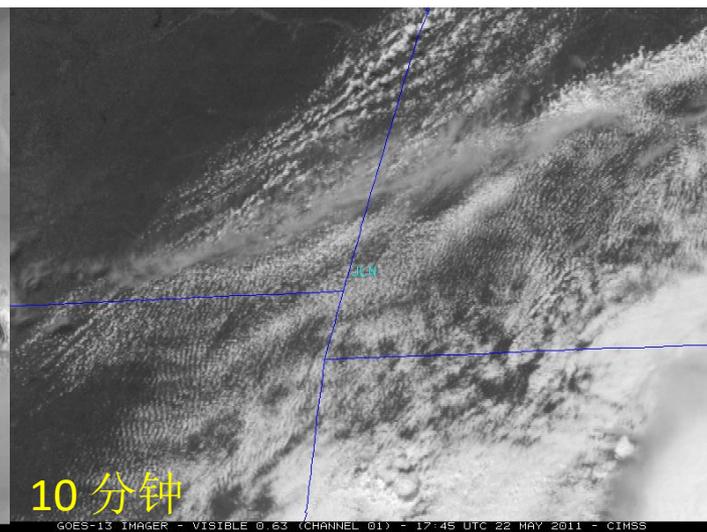
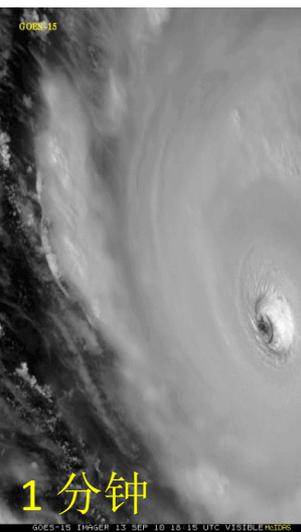
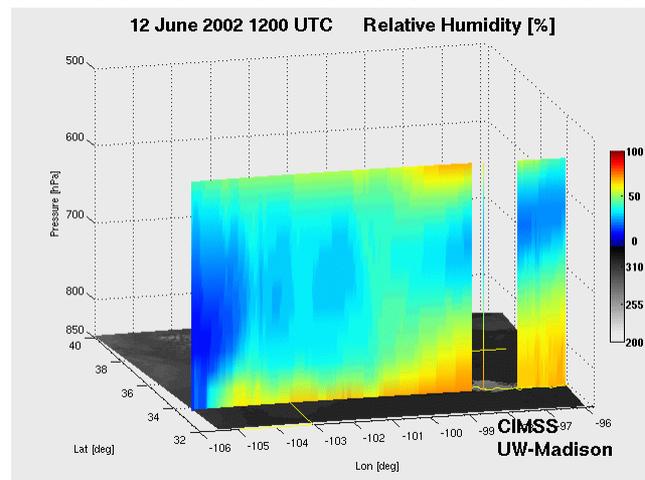
风四卫星系列具有全新的成像和大气探测能力，结合传统看图以知天气形势，还需开发多种定量产品（大气不稳定指数，对流和降水，水汽等）以发挥新一代地球静止气象卫星多通道、高光谱的巨大优势，充分体现风四在灾害性天气预警和预报中的能力。

## 风云四号具有全新观测能力：

14通道成像仪 - 云和对流连续监测；

上千通道大气探测器 - 三维大气结构的时间演变；

闪电定位仪 - 闪电的连续监测。



# 国际新一代GEO定量产品算法开发

- 美国2006年成立GOES-R系列算法工作组（AWG），开展算法开发，评估和检验；
- 于2013年起每年召开研讨会，讨论和研究MTG（2022年左右发星）资料的定量产品开发和应  
用问题，定量产品由EUMETSAT和SAF一起开发；
- 中国2011年成立风四定量产品科学算法开发组（Algorithm Development Team - ADT）。

## 2. 风四定量产品科学算法开发

- 风四科学算法开发组（ADT）目标：
  - 根据FY2/FY3的经验及国外算法的最新成果（EOS, NPP, GOES-R, MTG, H8），开发并向风云四号地面应用系统提供**经过验证的快速、有效、和先进的定量产品科学算法**。
- 任务：
  - 开发试验最佳**科学算法**和**原型代码**；
  - 对产品和算法作真实性检验，确保产品质量满足应用需求；
  - 提交**算法代码软件**、**算法理论基础文档** Algorithm Theoretical Basis Documents (ATBD)、**仿真测试数据集**、和**算法检验结果**；
  - 协助工程责任人的原型代码工程化。

中心主任  
风四两总

科学指导委员会：许院士等  
(评估算法开发组进展，提供科学指导)

算法开发组

算法集成测试组 (闵敏, 鄢俊杰)

云气溶胶组  
徐娜

大气温湿廓线组  
吴春强

大气运动导风组  
张晓虎

地表组  
刘诚

空间天气组  
李嘉巍

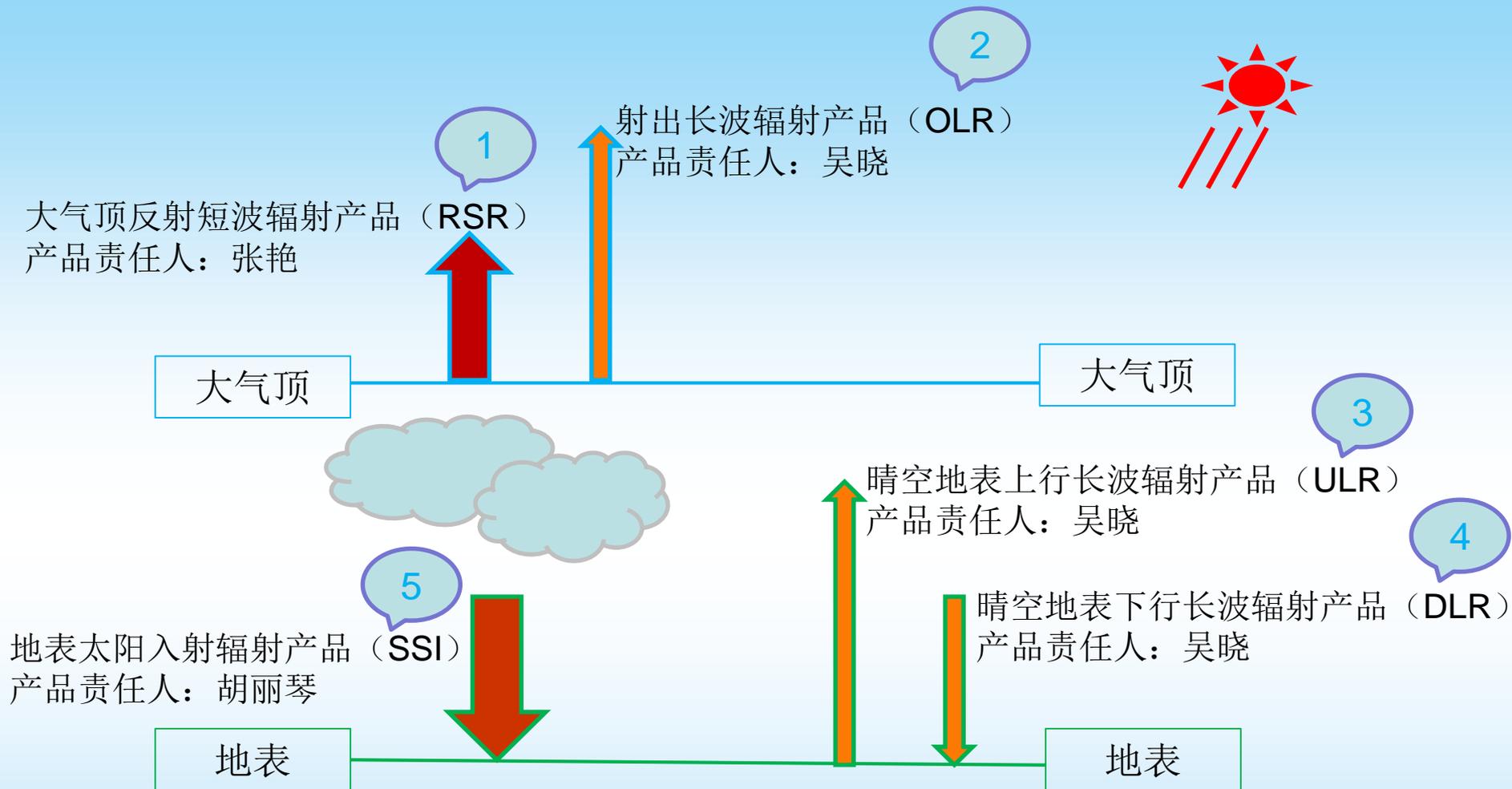
辐射组  
胡丽琴

天气组  
覃丹宇

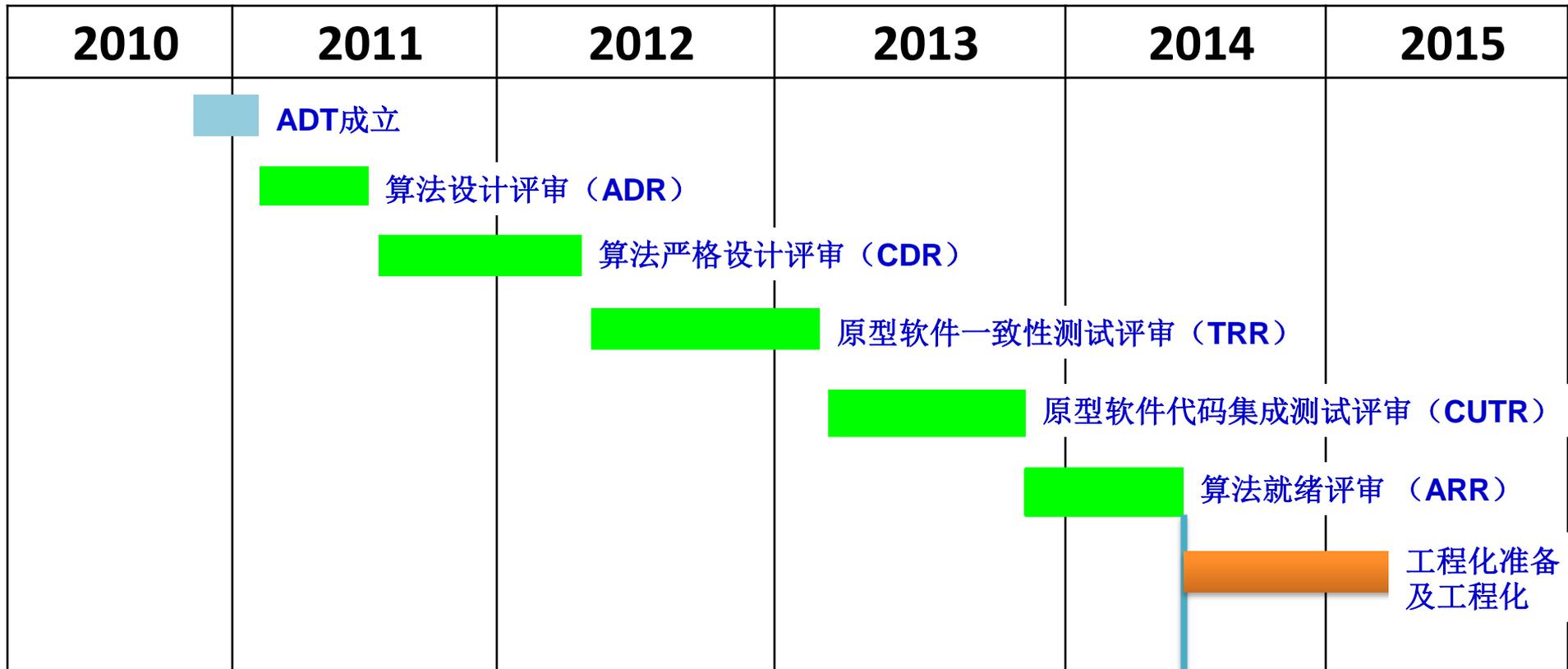
# 风四定量产品开发责任人

1. 晴空检测	王 曦
2. 云顶高度温度和气压	王 富
3. 云分类	李 博
4. 白天云光学厚度和微物理特性	闵 敏
5. 夜间云光学厚度和微物理特性	徐 娜
6. 沙尘和烟雾检测	陈 林
7. 海洋气溶胶光学厚度	陈 林
8. 陆地气溶胶光学厚度	高 玲
9. 射出长波辐射	吴 晓
10. 地表下行长波辐射	吴 晓
11. 地表上行长波辐射	吴 晓
12. 到达地表的短波辐射	胡丽琴
13. 反射短波辐射DSR	张 艳/李川
14. 成像仪分层水汽	张 勇
15. 大气温湿度及臭氧廓线 (晴空)	吴春强
16. 大气温湿廓线 (有云)	刘 辉

17. 大气运动导风	张晓虎/安大伟
18. 定量降水估计QPE	游 然
19. 对流初生	覃丹宇
20. 对流层顶折叠检测	寿亦萱
21. 闪电产品	曹冬杰
22. 海表温度	王素娟/崔鹏
23. 火点/热点检测	刘诚/郑伟
24. 地表比辐射率	曹广真
25. 积雪覆盖	郑照军
26. 高能粒子分布	郭建广
27. 磁场强度	李嘉巍
28. 空间环境效应	薛炳森
29. 雾检测	吴晓京/刘清华
30. 地表温度	董立新
31. 反照率	陈爱军/王园香
32. 真彩色合成	吴荣华



# 风云四号定量产品算法开发任务和时间节点



算法技术文档  
仿真数据  
原型代码  
结果检验

# 算法集成和测试组

## (Algorithm Integration Group - AIG)

- 在统一的计算机环境下，对各产品算法进行集成，建立能够改进和测试所有风四算法的原型系统；
- 确保所有产品之间的**科学一致性**（对所有产品算法采用同样的辅助数据，同样的辐射传输模式）。
- 针对原型软件编写，ATBD，数据格式等制定要求和标准；
- 产生风四数据格式下的各个仪器的仿真数据；
- 确保算法软件的一致性（所有的算法程序使用相同的标准和格式，并采用Fortran90/95 或C/C++）；
- 对算法开发组(ADT)提供技术支撑。

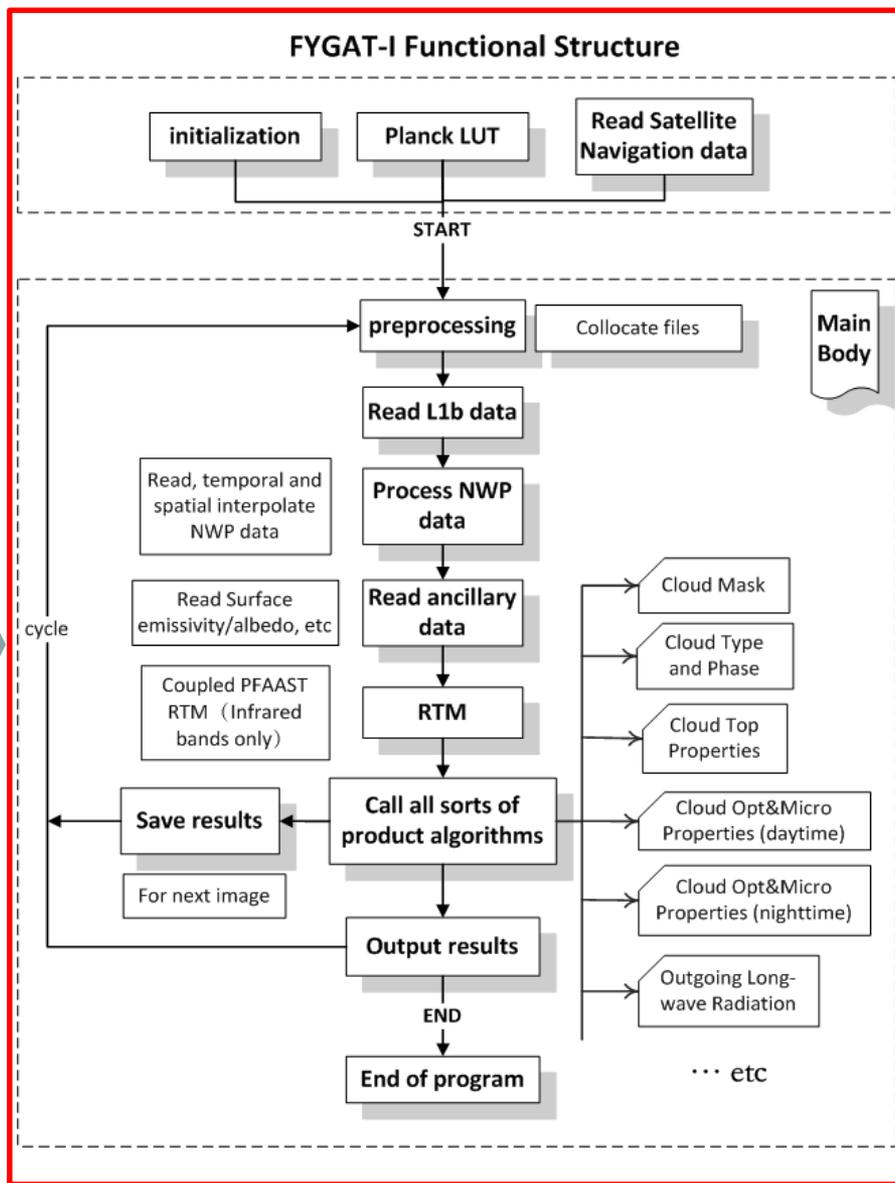
# 风云静止卫星算法集成测试平台

## FengYun Geostationary Algorithm Testbed (FYGAT)

- Near Real time data processing for MSG, FY-2, AHI, and future for FY-4

Near real time output (products) for

- (a) Algorithm development, validation and improvement
- (b) Weather forecast applications



Real time input

MSG-8/9  
FY-2  
Himawari-8  
FY-4 (future)  
Ancillary data  
**T639**

Cloud products  
Soundings (FY4)  
TPW/LPW  
LST/SST  
Radiation products  
Aerosol  
Convection products  
Fire  
Lighting

# Quick Browse Web and Data FTP



## FENGYUN

Near-Realtime Satellite Algorithm Testbed



Home Data Document Tools Images Science Team About

Band(波段)



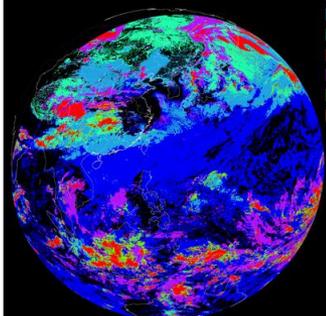
2016-03-28:0600

分享

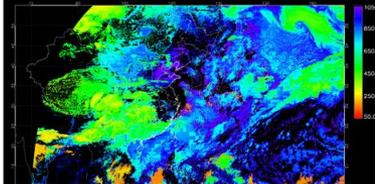
放大

打印

AHI08\_Cloud\_Type  
UTC\_20160225\_0050 [BJT\_20160225\_0850]

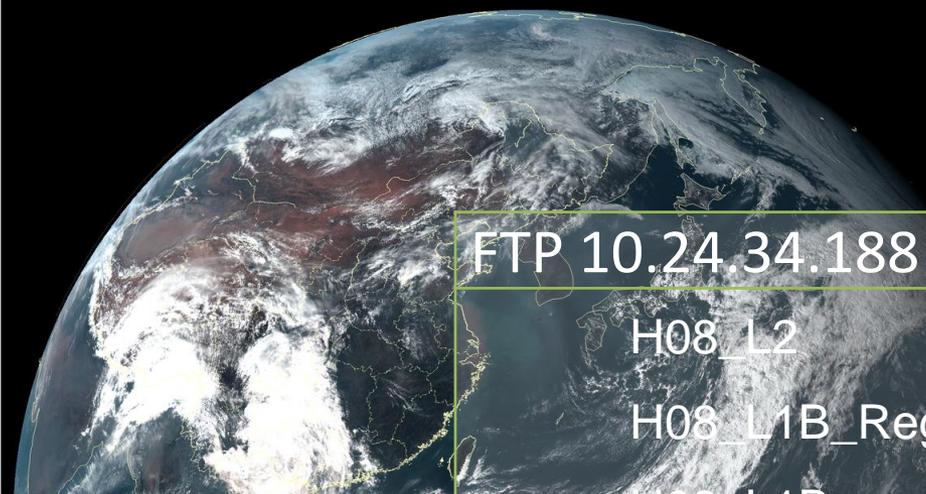


AHI08\_Cloud\_Top\_Pressure [hPa]  
UTC\_20160225\_0050 [BJT\_20160225\_0850]



### AHI08\_True\_Color\_Figure

### UTC\_20160328\_0600 [BJT\_20160328\_1400]



FTP 10.24.34.188

H08\_L2

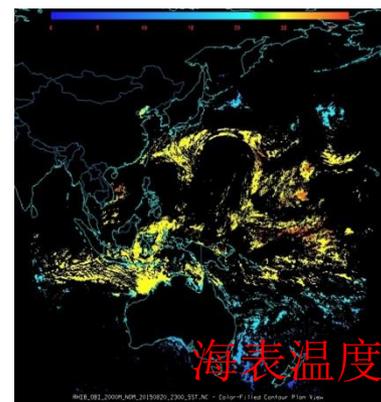
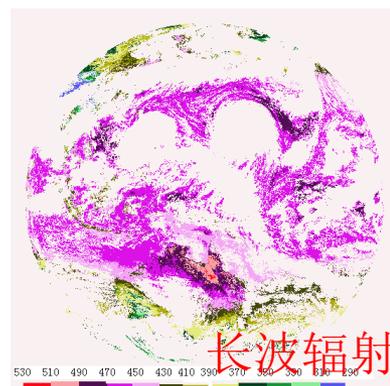
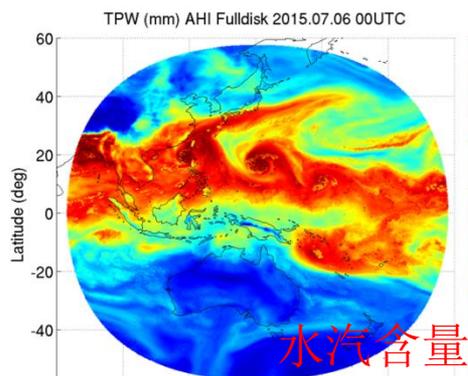
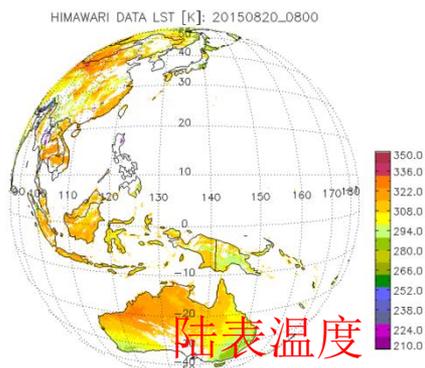
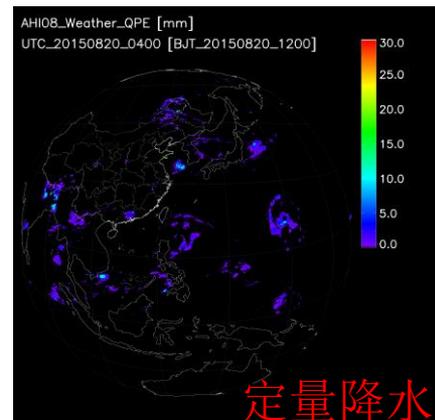
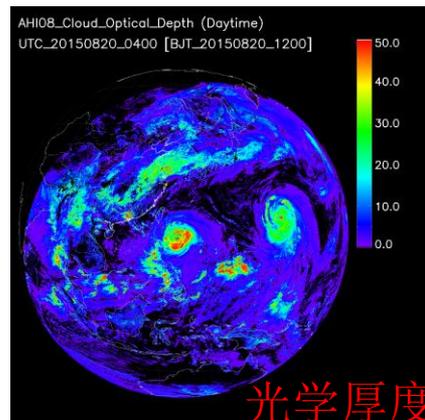
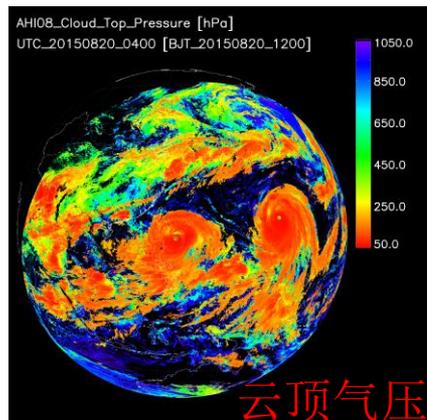
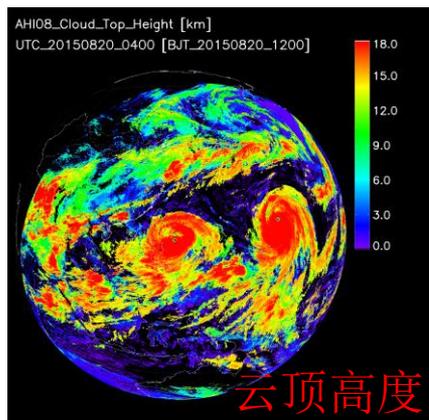
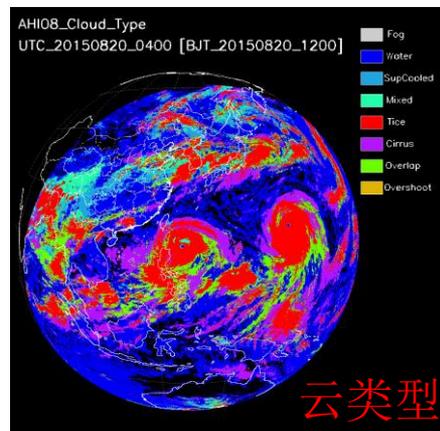
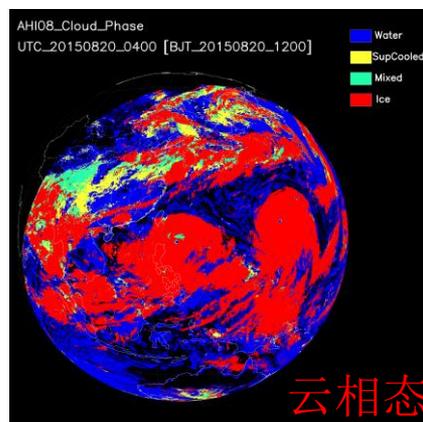
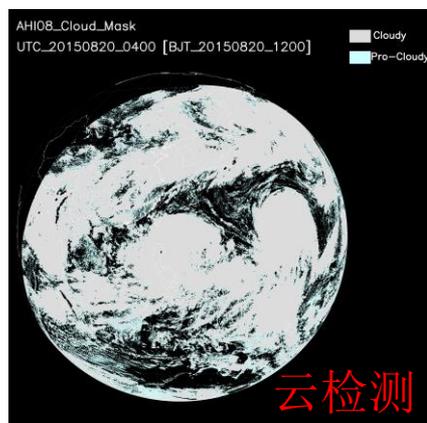
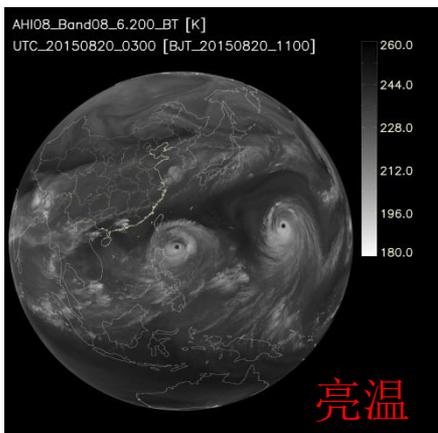
H08\_L1B\_Region1

H08\_L1B

H08\_DAT

Ancillary\_data

# 用FY4算法在FYGAT中处理得到的部分H8定量产品

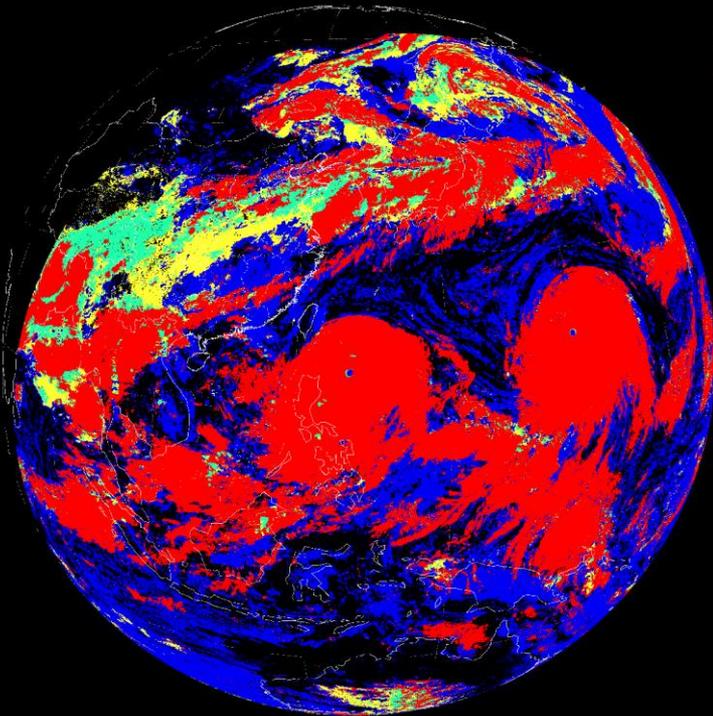


# Animation Sample

Cloud Phase

AHI08\_Cloud\_Phase  
UTC\_20150820\_0010 [BJT\_20150820\_0810]

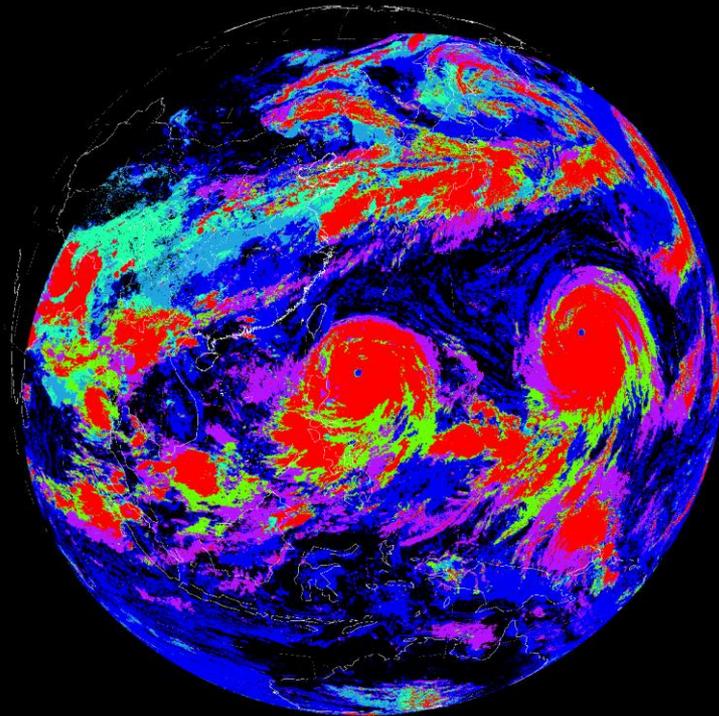
- Water
- SupCooled
- Mixed
- Ice



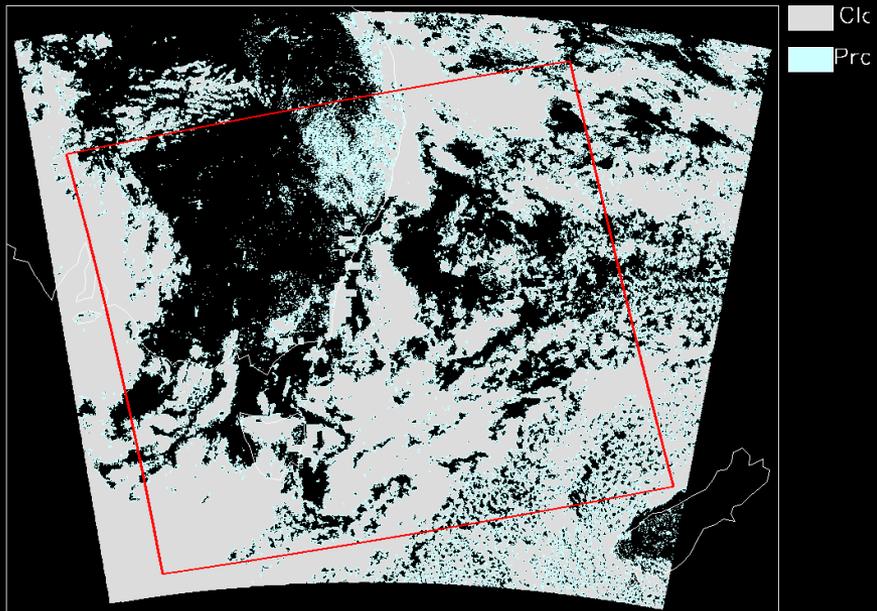
Cloud Type

AHI08\_Cloud\_Type  
UTC\_20150820\_0010 [BJT\_20150820\_0810]

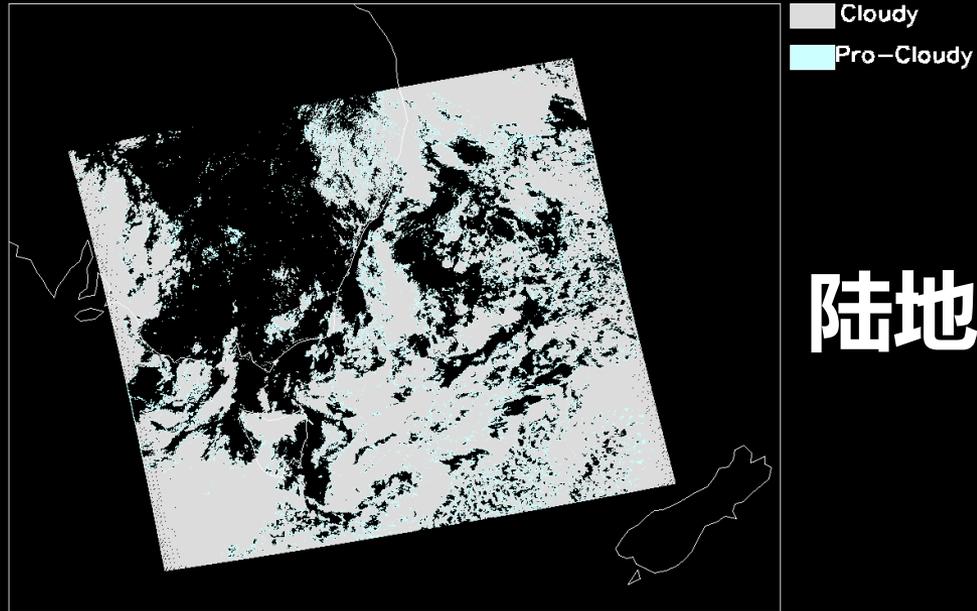
- Fog
- Water
- SupCooled
- Mixed
- Tice
- Cirrus
- Overlap
- Overshoot



H8XXX\_Cloud\_Mask\_20150820\_0350

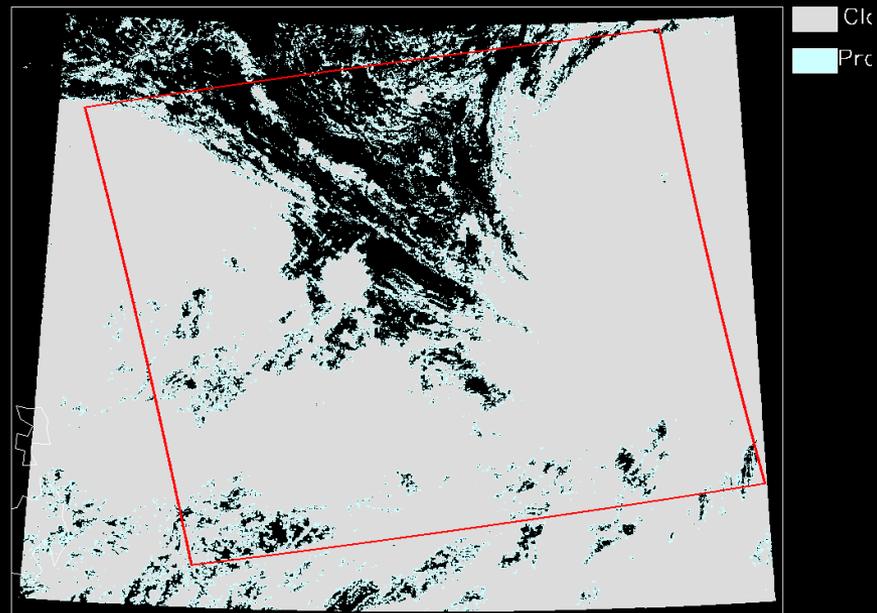


MODIS\_Cloud\_Mask\_20150820\_0350

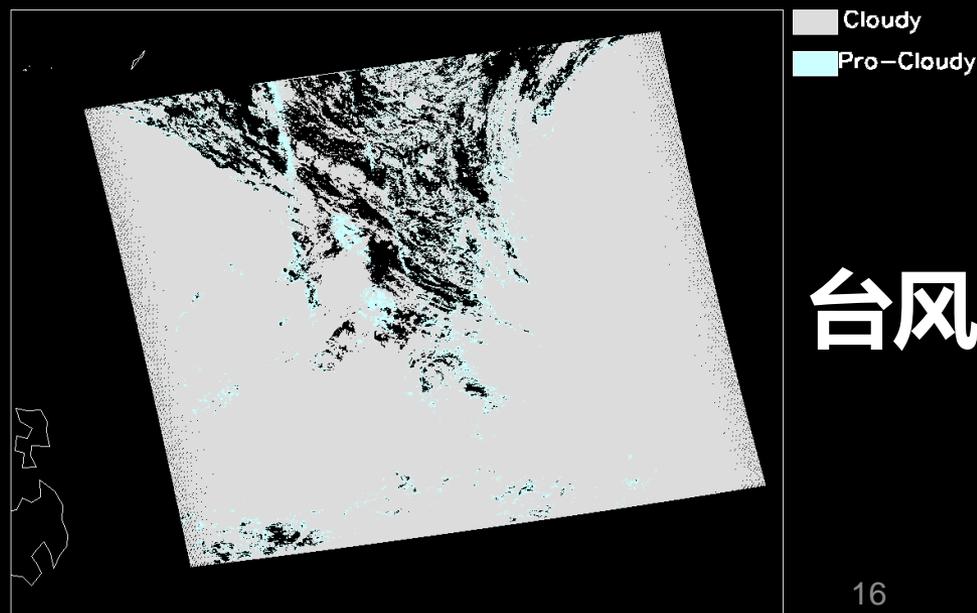


陆地

H8XXX\_Cloud\_Mask\_20150820\_0400

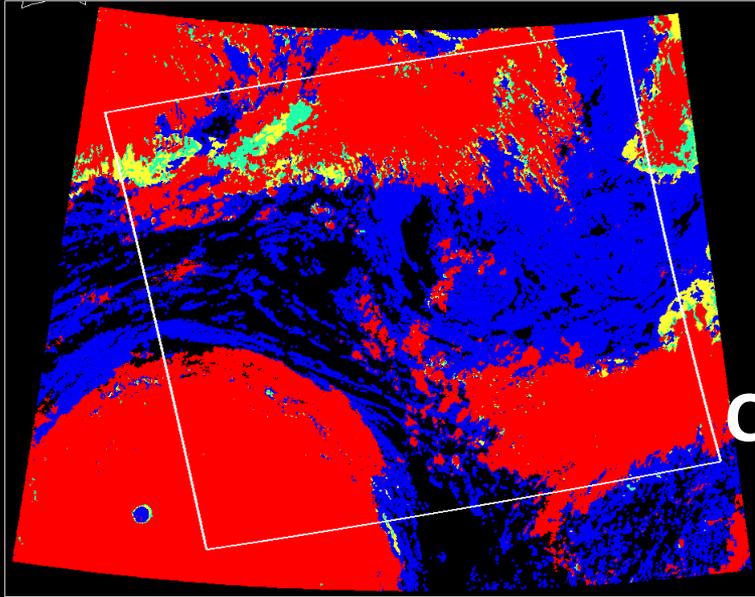


MODIS\_Cloud\_Mask\_20150820\_0405



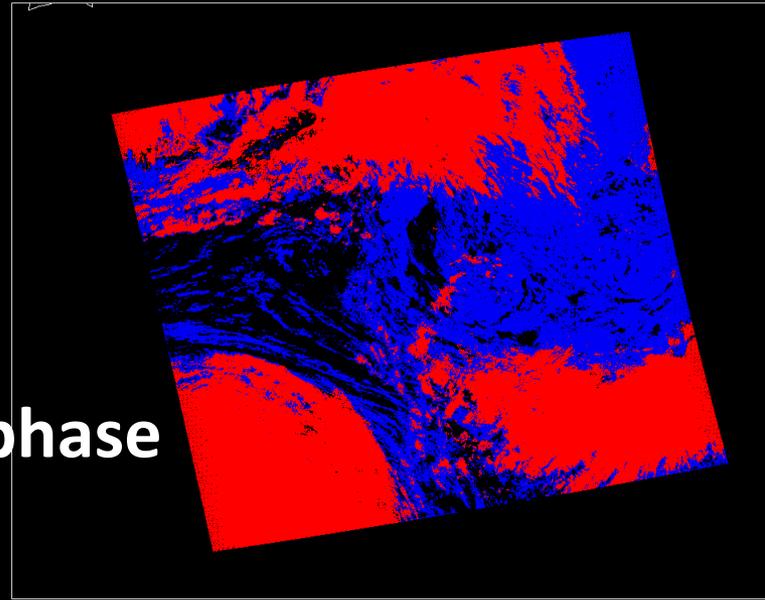
台风

H8XXX\_Cloud\_Phase\_20150820\_0230



- Water
- SupCooled
- Mixed
- Ice

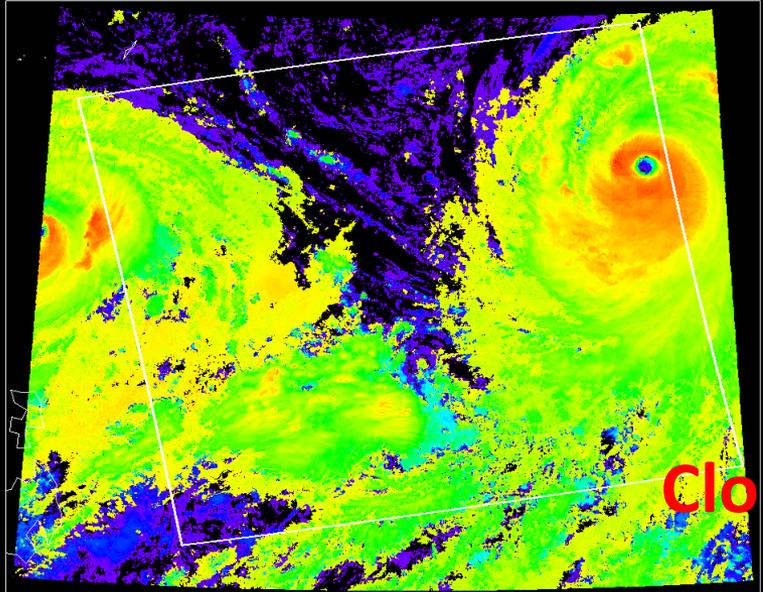
MODIS\_Cloud\_Phase\_20150820\_0230



- Water
- SupCooled
- Mixed
- Ice

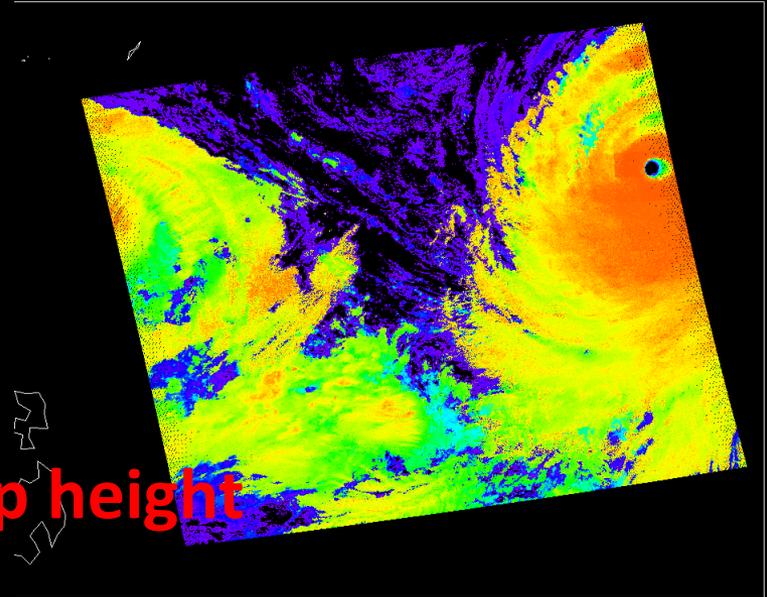
Cloud phase

H8XXX\_Cloud\_Topz(KM)\_20150820\_0400



- 18.0
- 15.0
- 12.0
- 9.0
- 6.0
- 3.0
- 0.0

MODIS\_Cloud\_Topz(KM)\_20150820\_0405



- 18.0
- 15.0
- 12.0
- 9.0
- 6.0
- 3.0
- 0.0

Cloud-top height

利用葵花8号数据对风四科学算法做检验和产品应用示范，2015年得到了国际风云战略咨询委员会（ISCC）的肯定。

**ISCC Strategic Recommendation 12: It is recommended to continue the use of Himawari-8 data as a precursor in the development of algorithms and applications in order to reduce the risk in the development and to shorten the products development phase for FY-4 .**

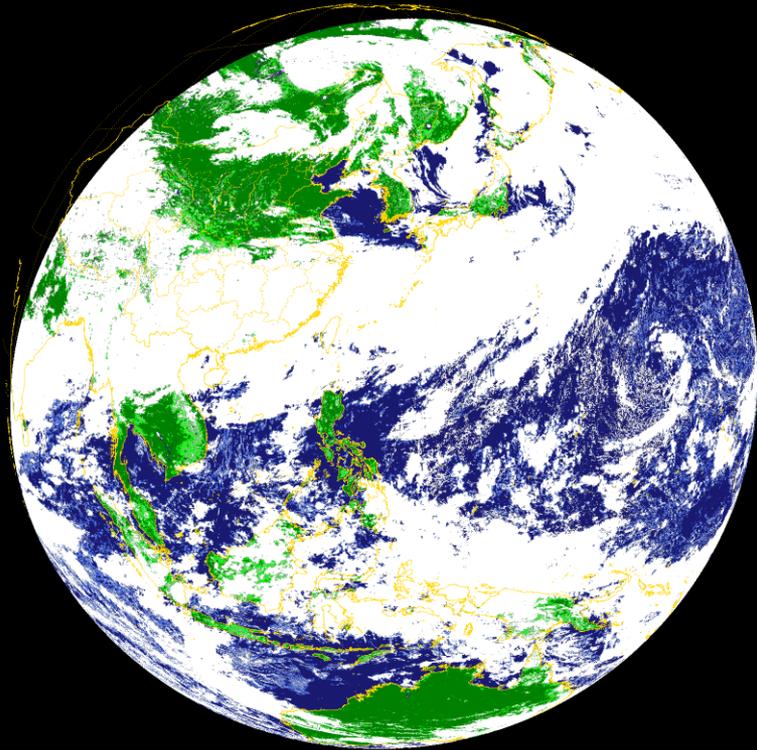
(1) 日本葵花8号(Himawari-8)卫星时空分辨率成像（AHI）观测与风四成像观测能力非常接近。通过FYGA，AHI生成和产品与NASA的MODIS产品（其算法经过10多年的开发和更新）及欧洲中心分析场数据相比，结果合理。

(2) 中国气象局（信息中心）自2015年9月起能够实时获取AHI一级数据数据，卫星中心通过FYGAT在2015年11月份即完成了AHI定量产品近实时生成，目前供气象局大院内气象中心，公共服务中心，气科院等使用。

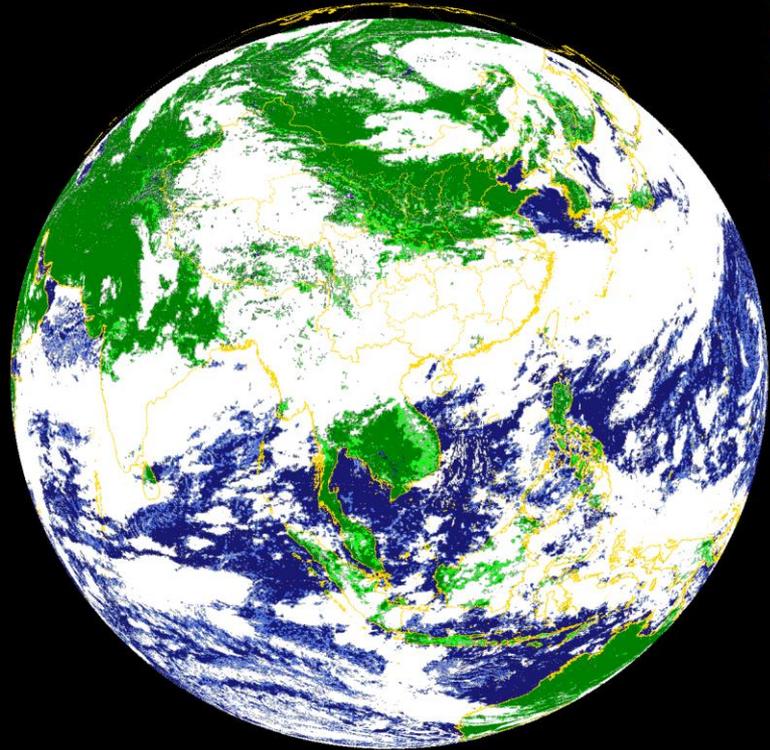
(3) 风四科学算法和软件也已经成功用于处理AHI的直接广播接收到的数据，为用户能实时应用H8/FY4定量产品（通过直接广播）提供了保障。目前多个省局及其他部门获得应用。

# 云检测

AHI08\_Cloud\_Mask  
UTC\_20170616\_0230 [BJT\_20170616\_1030]

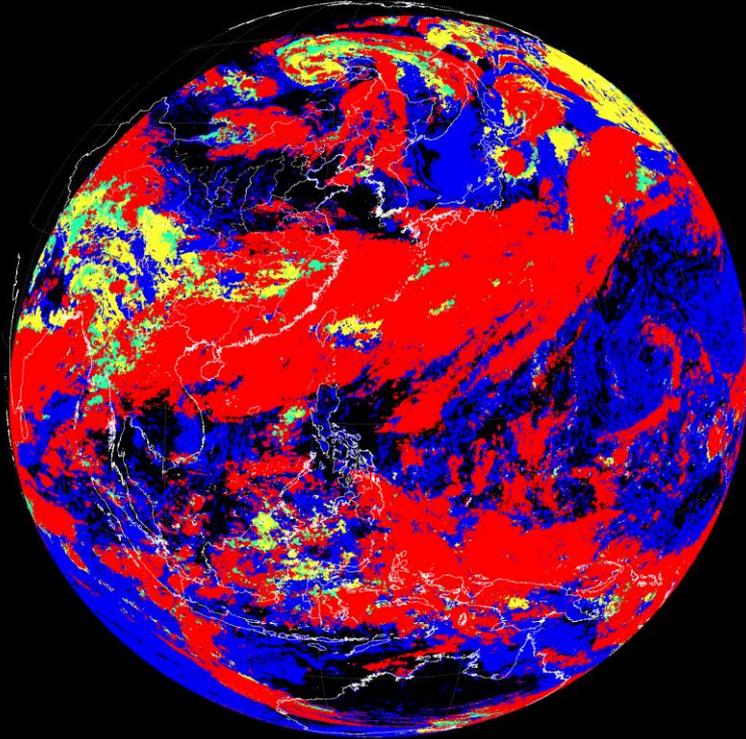


FY-4A\_Cloud\_Mask  
UTC\_20170616\_0230 [BJT\_20170616\_1030]

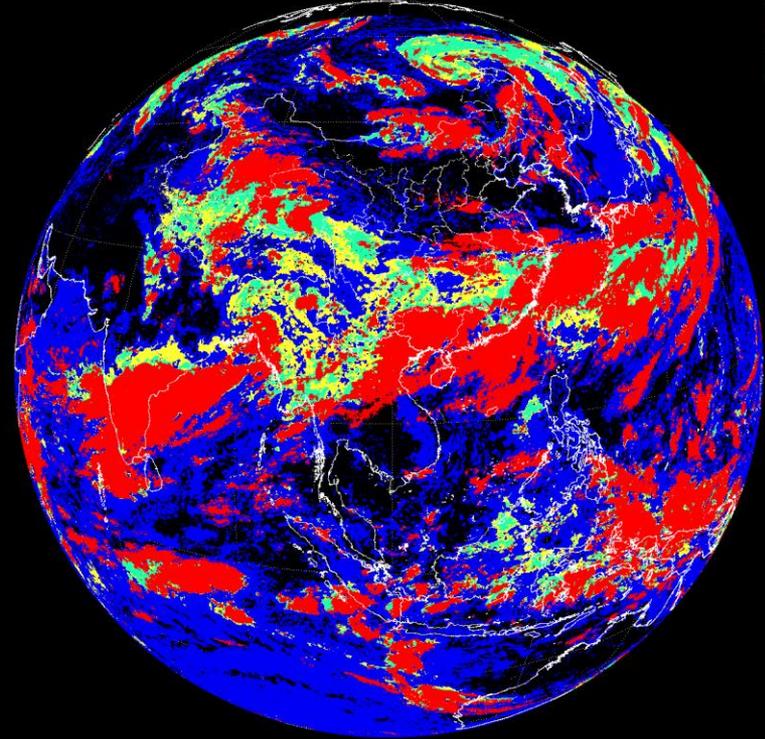
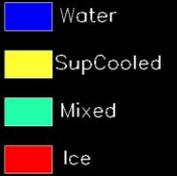


# 云相态

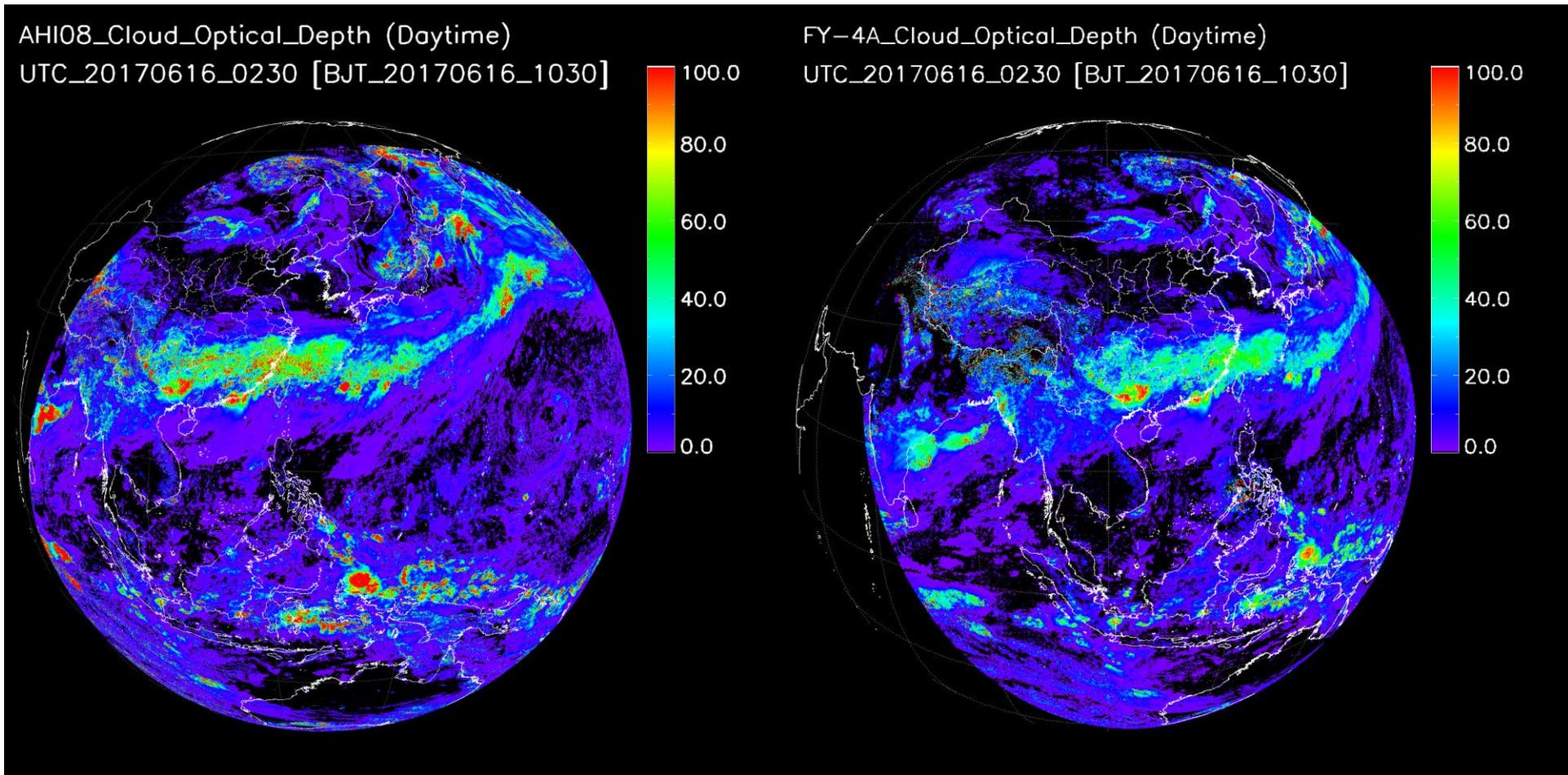
AHI08\_Cloud\_Phase  
UTC\_20170616\_0230 [BJT\_20170616\_1030]



FY-4A\_Cloud\_Phase  
UTC\_20170616\_0230 [BJT\_20170616\_1030]



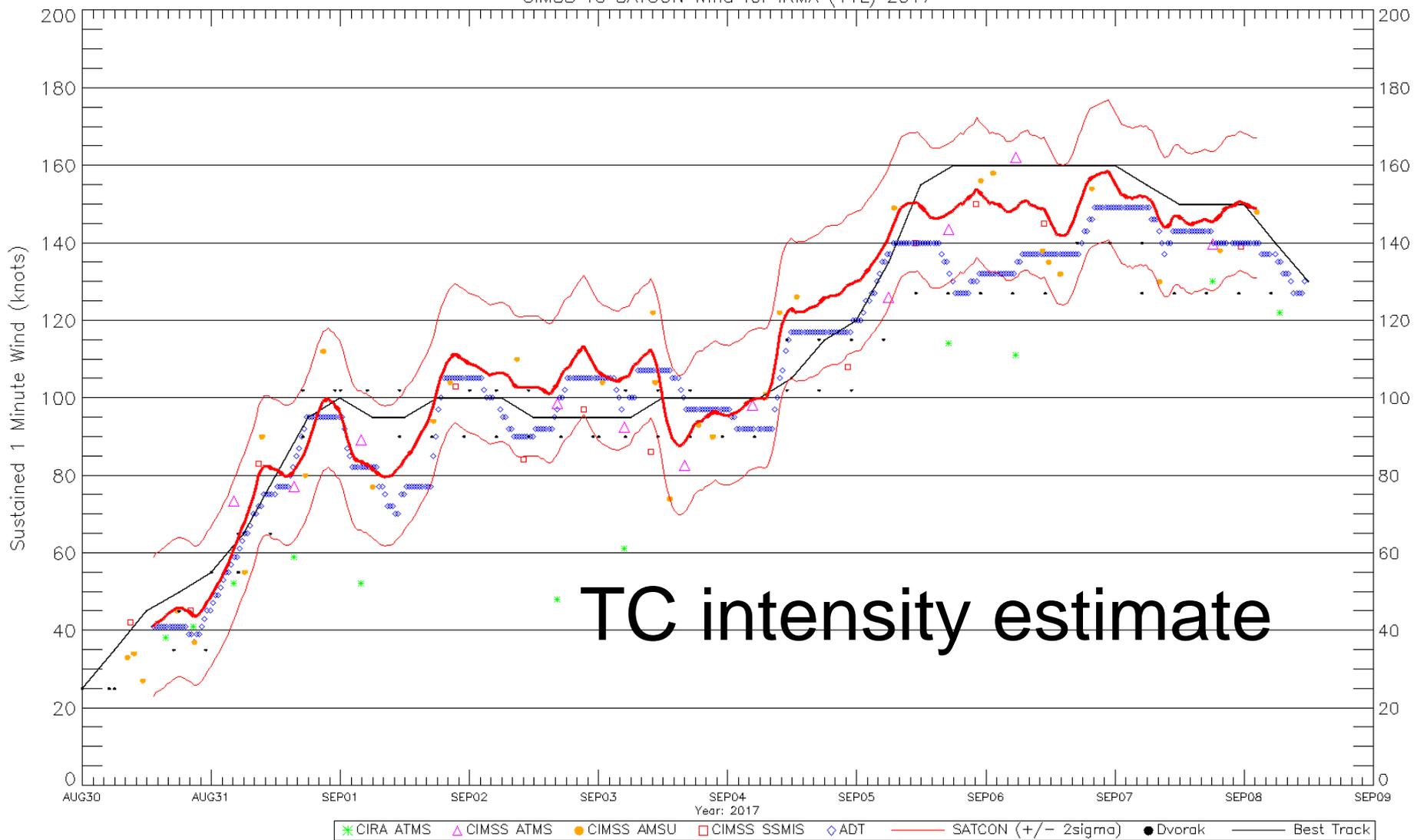
# 云光学厚度

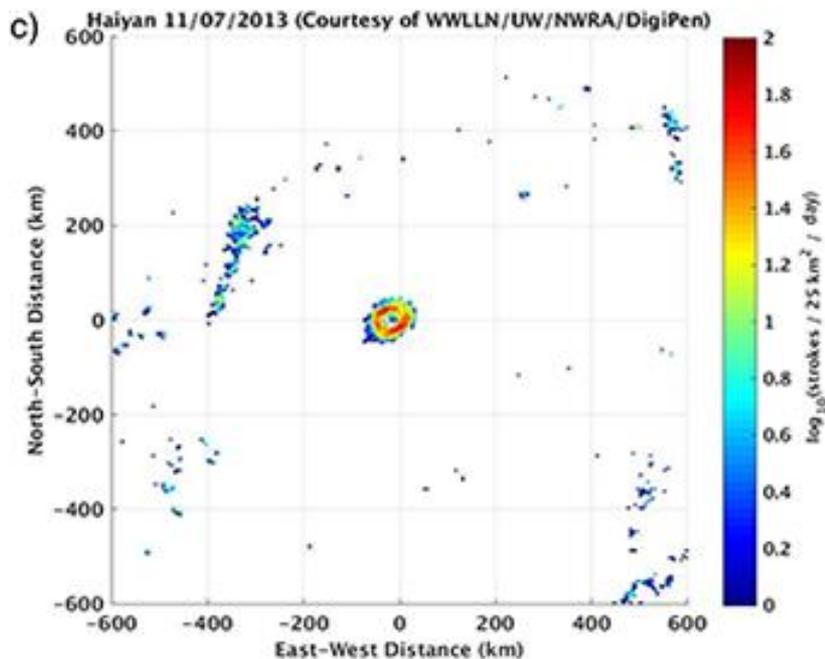
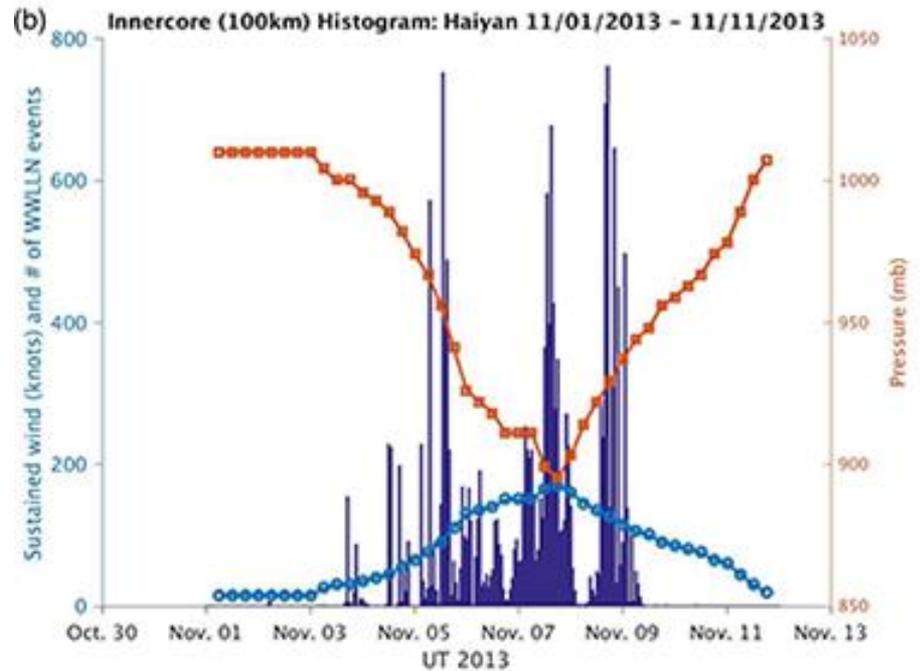
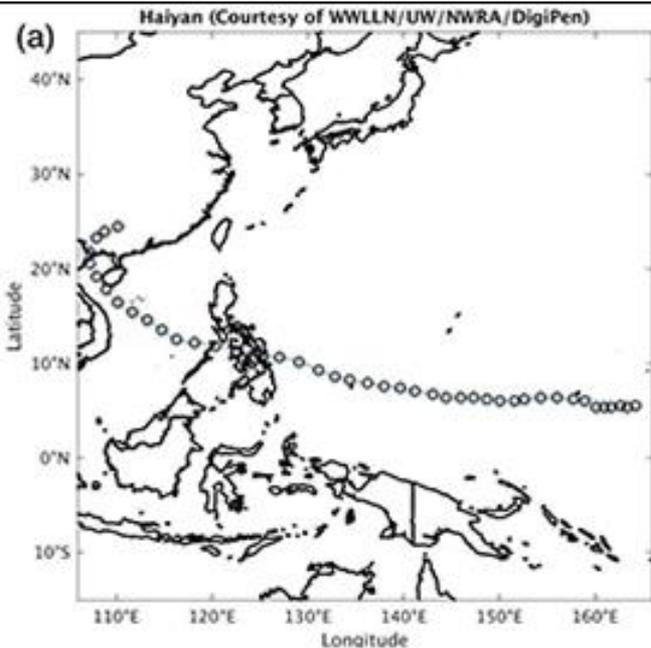


# 定量产品应用领域

- 台风监测
- 天气分析和强对流预报
- 在数值预报模式（NWP）中的数据同化
- 数值预报模式检验（水汽，日变化模拟能力）
- 环境监测和预测
- 气候诊断与分析

CIMSS TC SATCON Wind for IRMA (11L) 2017

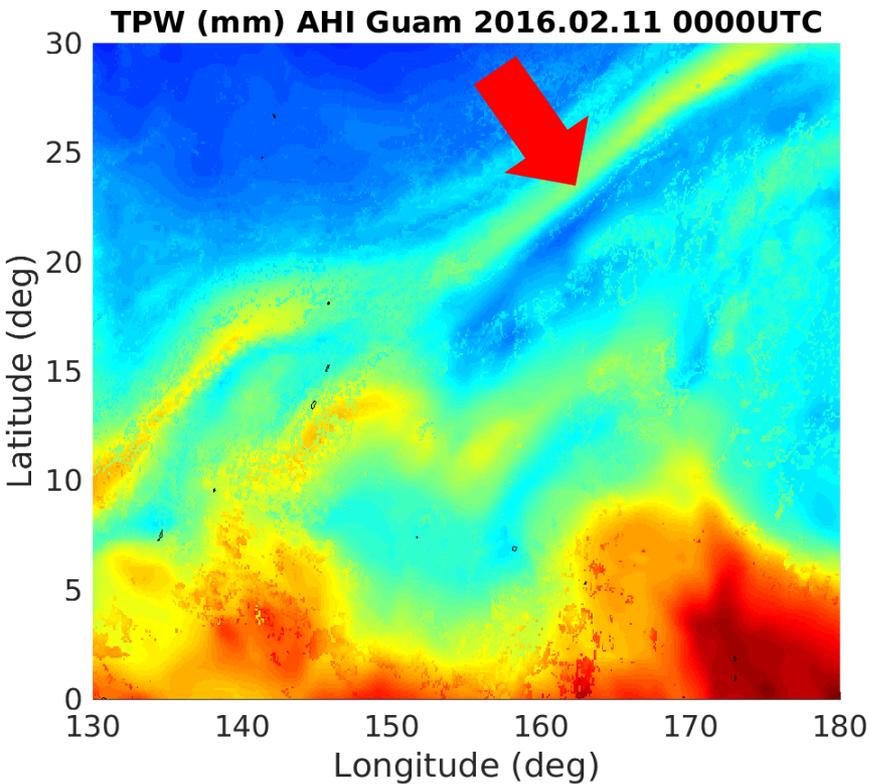




(a) Storm track for Typhoon Haiyan in 2013. (b) Lightning and intensity histogram, with dark blue bars representing the number of lightning events, wind speeds depicted in light blue, and atmospheric pressure depicted in orange. (c) Lightning density. Credit: WWLLN-TC

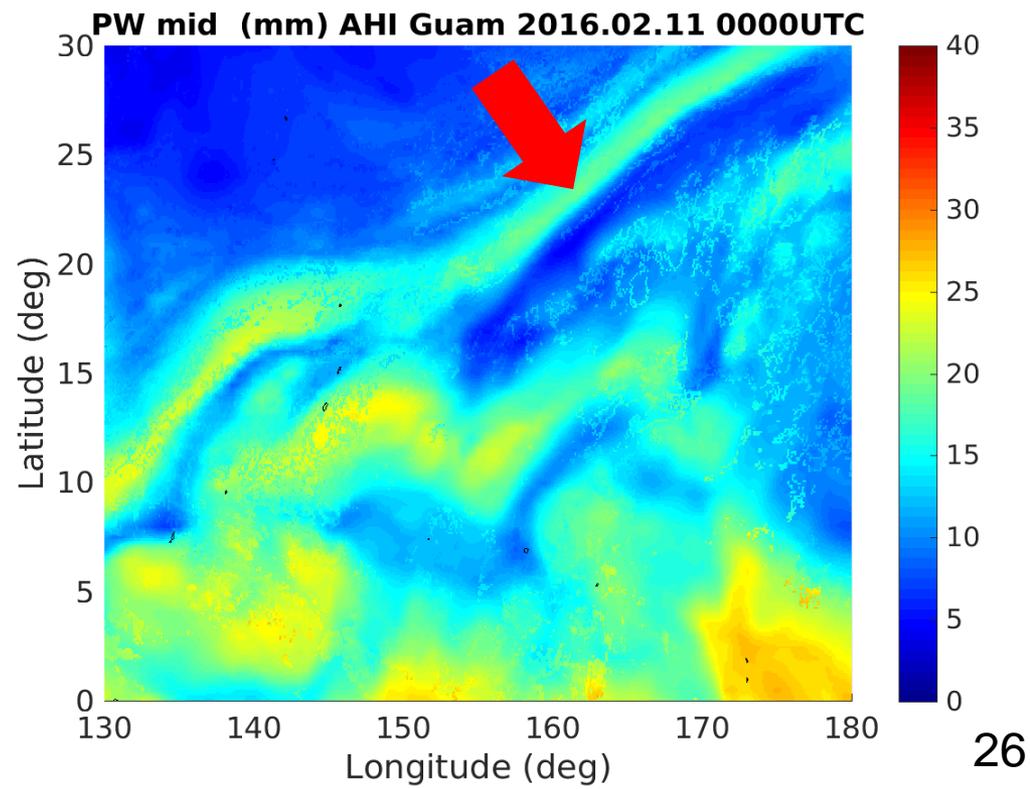


# All-sky AHI TPW



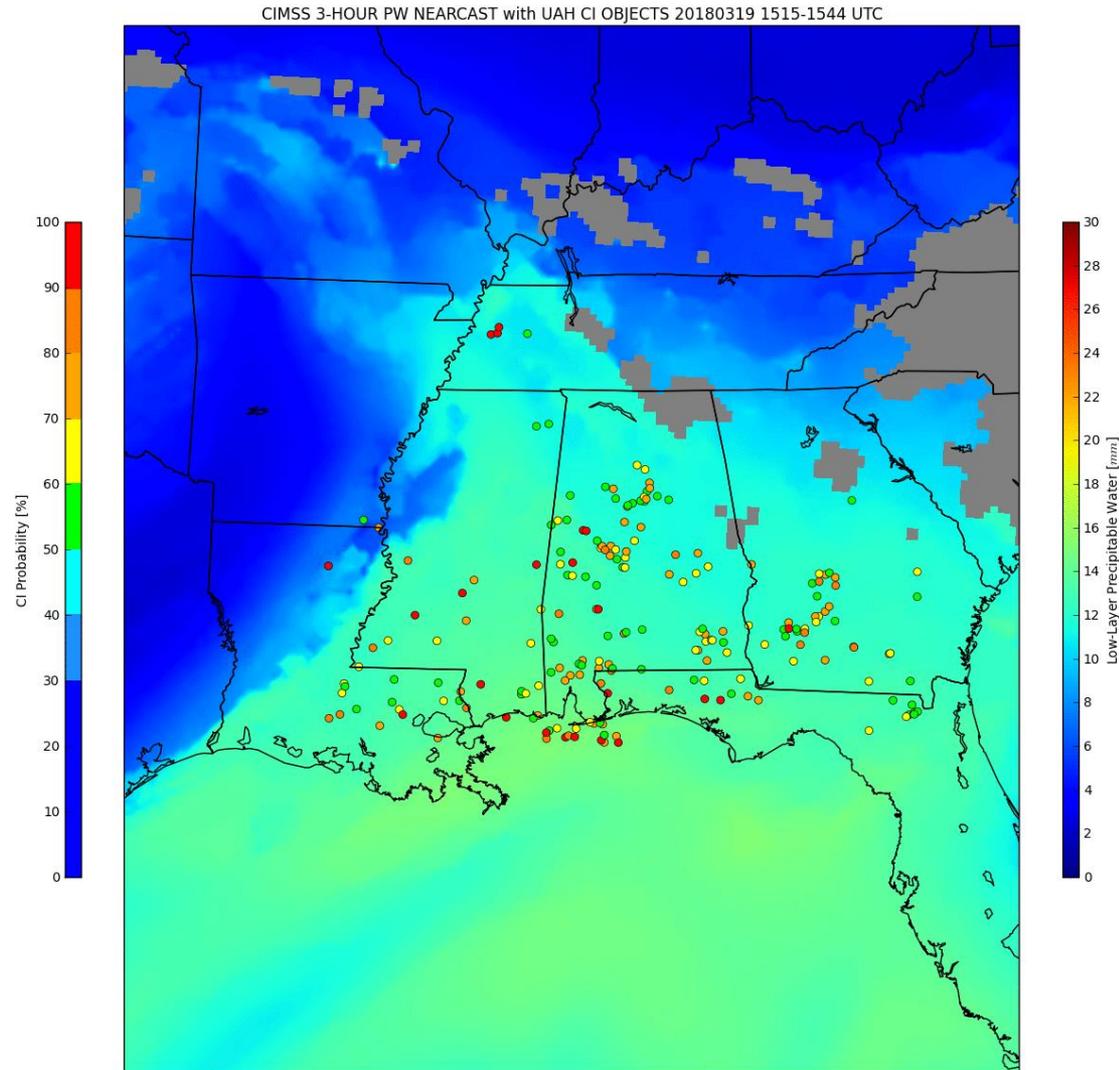
Atmospheric River seen from hourly AHI all-sky TPW and middle-layer LPW.

All-sky AHI LPW (700 – 900 hPa)



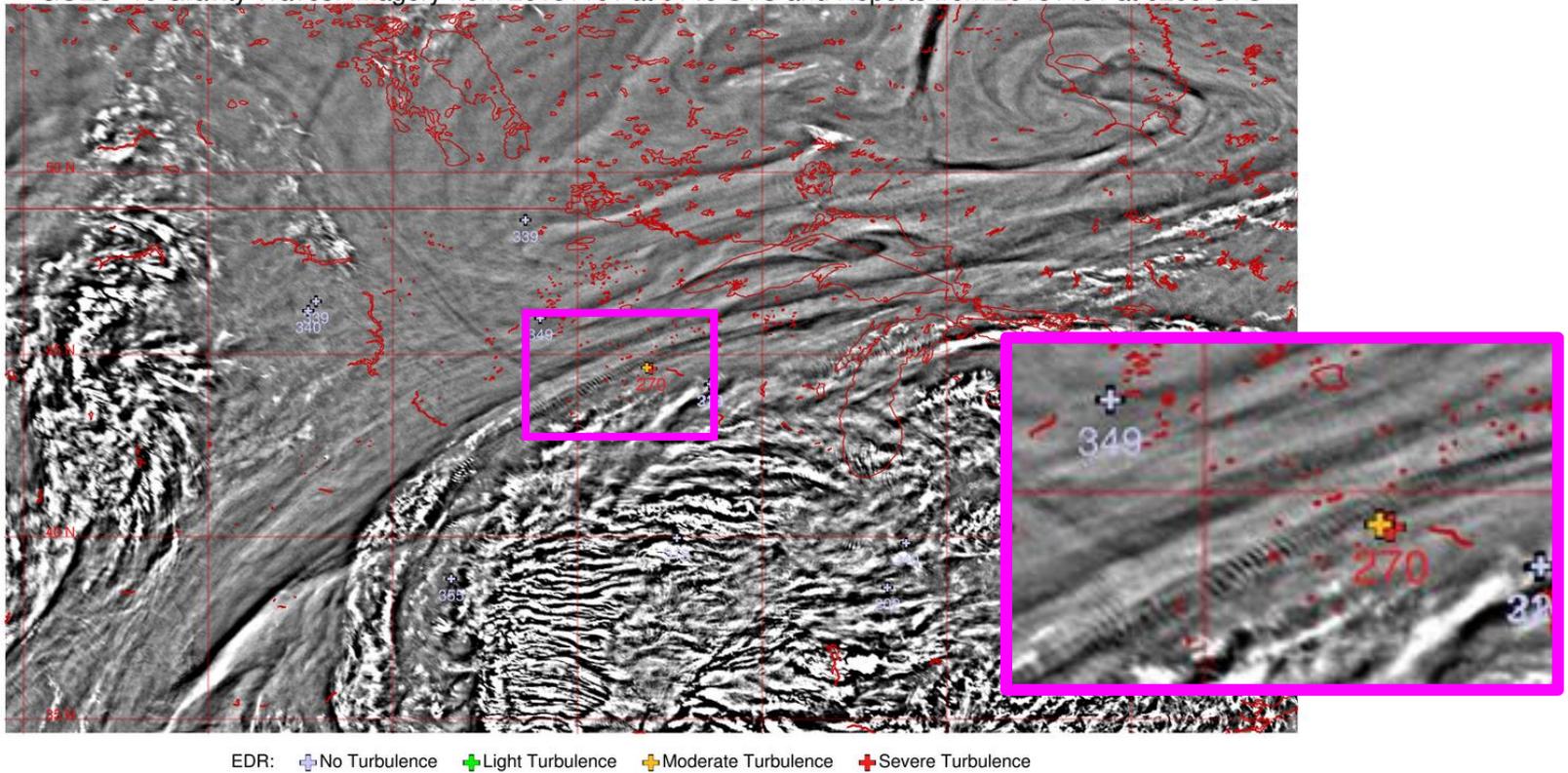
# High Impact Weather Nearcasting

- NearCasts have been adapted to process GOES-16 ABI-based moisture and temperature retrievals
- Of note, more variability is seen in lower layers of GOES-16 moisture retrievals relative to previous GOES sounder retrievals
- NearCast model is currently being applied to the UAH CI product to mitigate falsely identified convective initiation



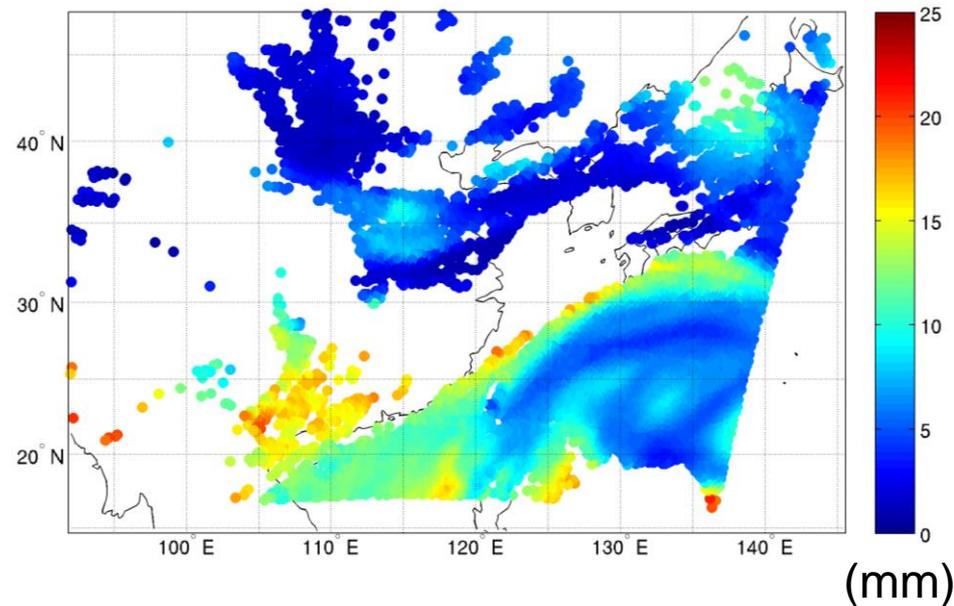
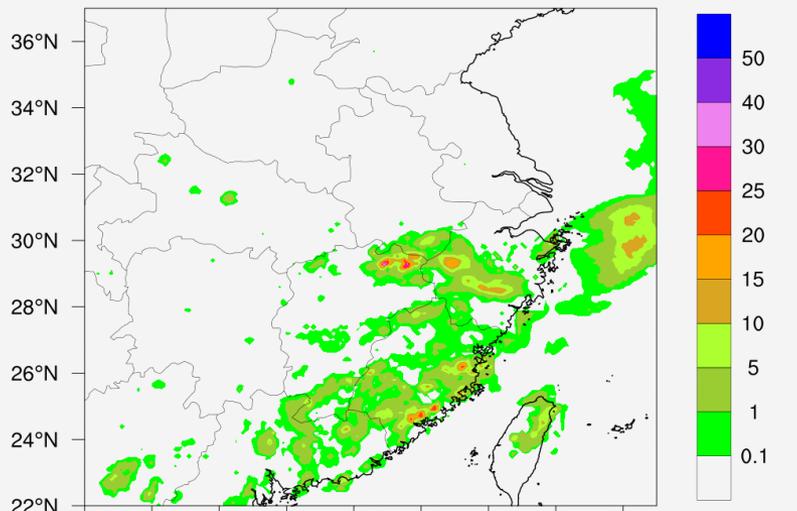
# 基于重力波检测产品的航空湍流事件（例如，利用对流层上层水汽通道）

GOES-16 Gravity Waves: Imagery from 20181101 at 0146 UTC and Reports from 20181101 at 0200 UTC



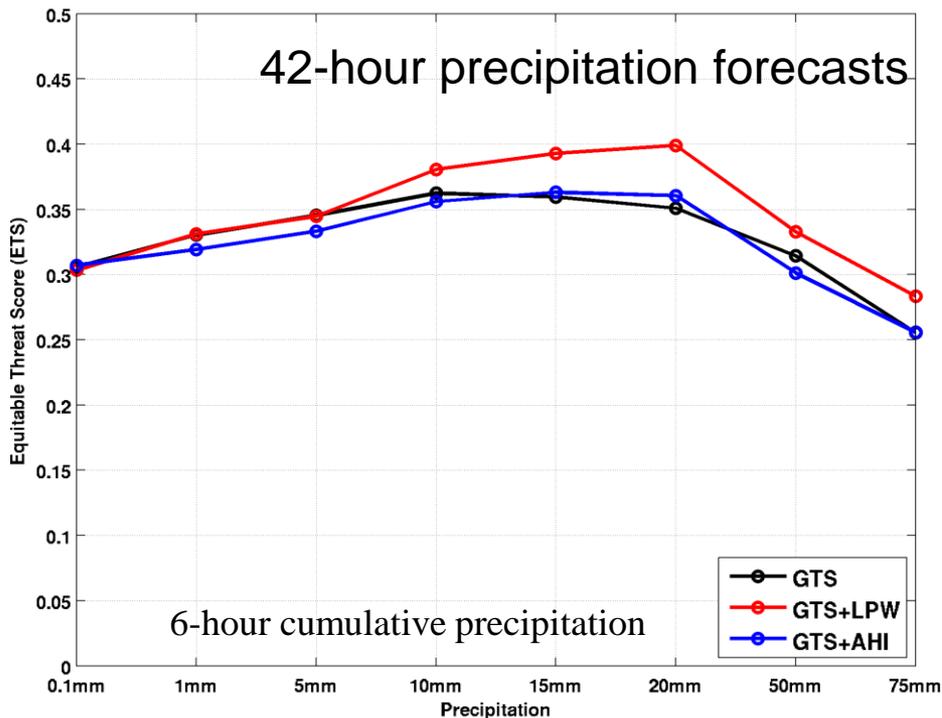
# Rainfall observations – hourly

2016-6-18 06z – 18 07z



2016-6-19 18z to 6-20 00 z

## 42-hour precipitation forecasts

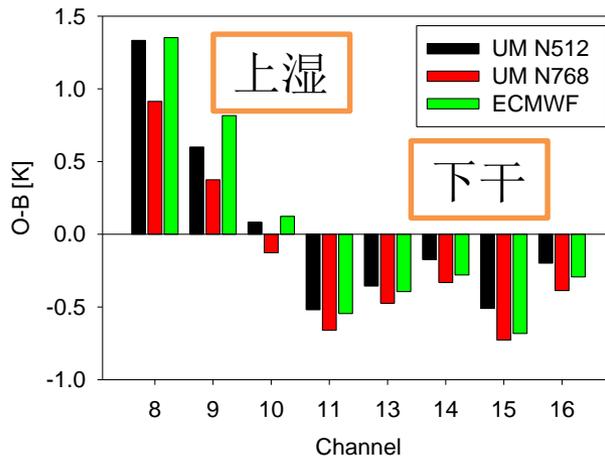
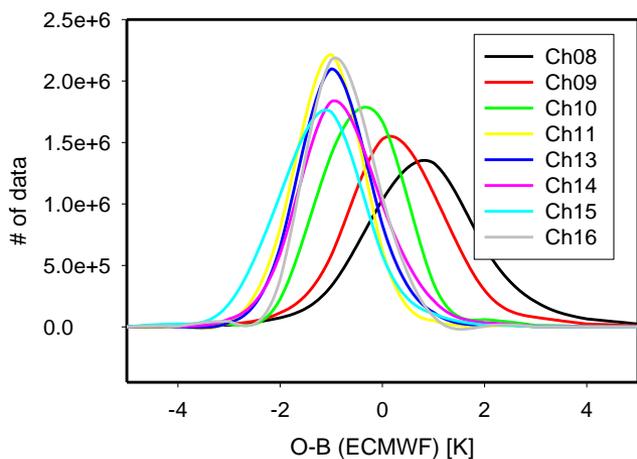
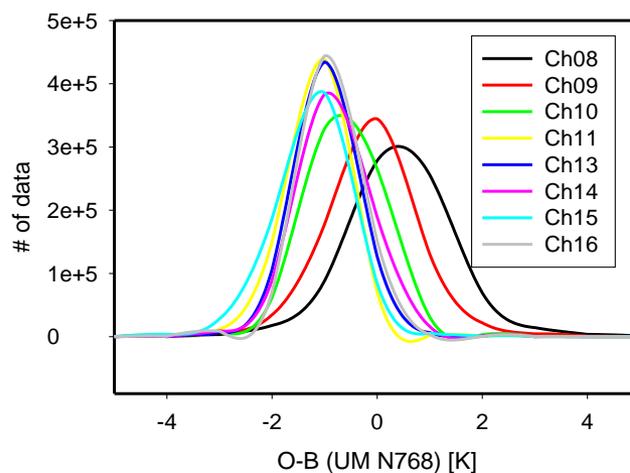
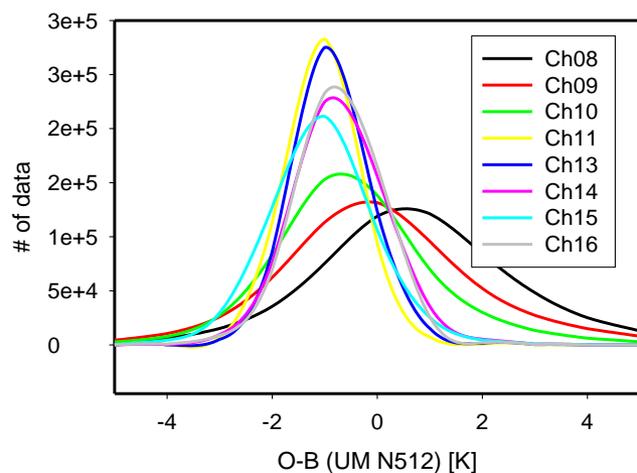


LPW (300 – 700 hPa)

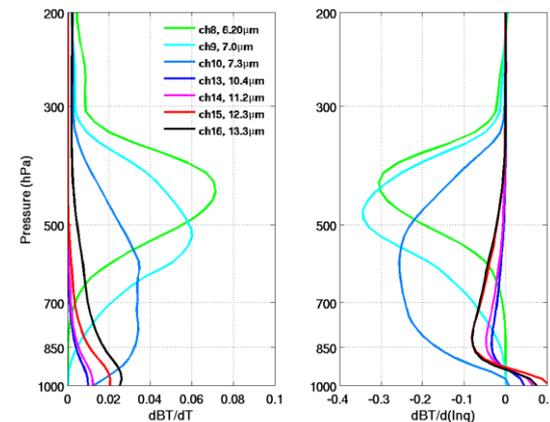
同化高分辨率AGRI/AHI水汽信息能够有效提高强降水预报（QPF）的效果（Wang et al. 2018 - JGR）。AGRI/AHI实时同化和预报系统已获得电力系统灾害预警预报业务（Lu et al. 2018 - JGR）。

# NWP模式评估

## Distribution of O-B characteristics for each model (analysis)

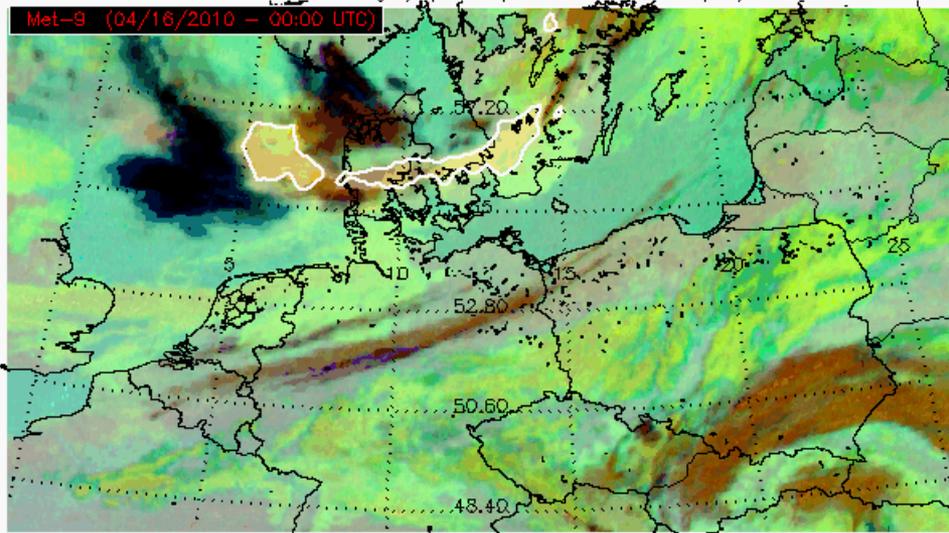


- (1) The O-B of the UM N768 is biased towards the negative side of all other channels;
- (2) N768 and ECMWF have more normal distributions than N512. Especially, this characteristics are most appeared in WV channels.



False Color Imagery (12-11 $\mu$ m, 11-8.5 $\mu$ m, 11 $\mu$ m)

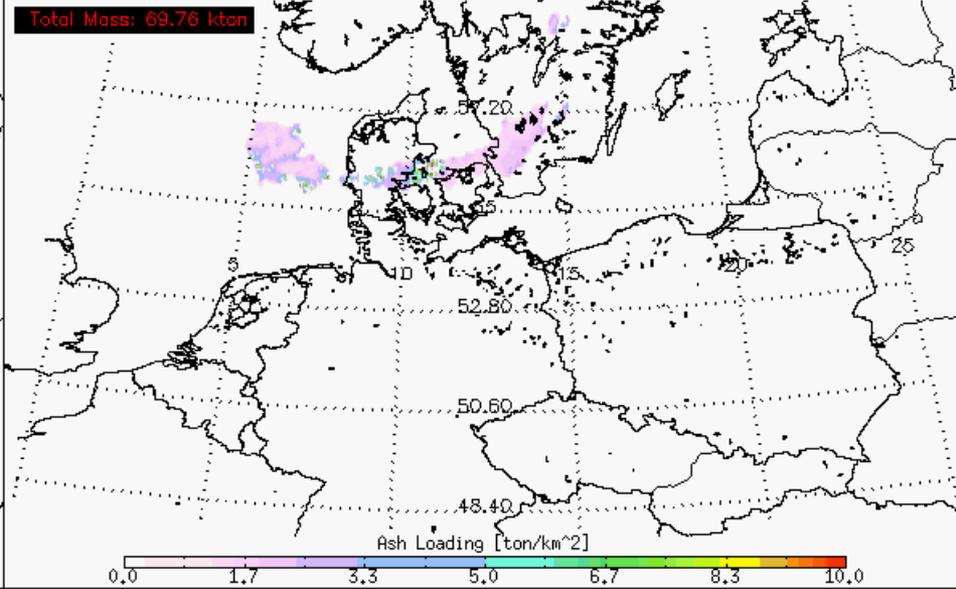
Met-9 (04/16/2010 - 00:00 UTC)



Contact: Mike.Pavolonis@noaa.gov

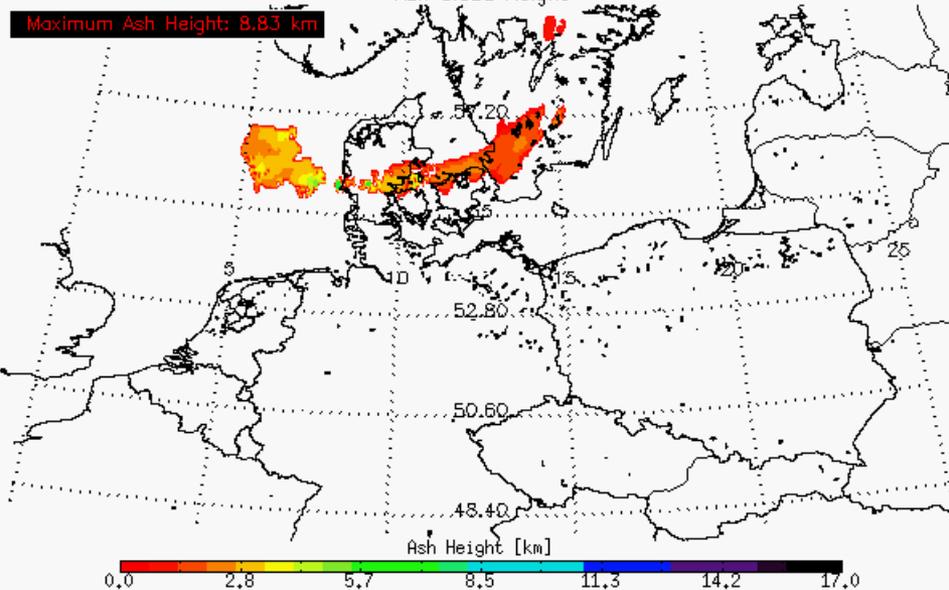
Ash Loading

Total Mass: 69.78 kton



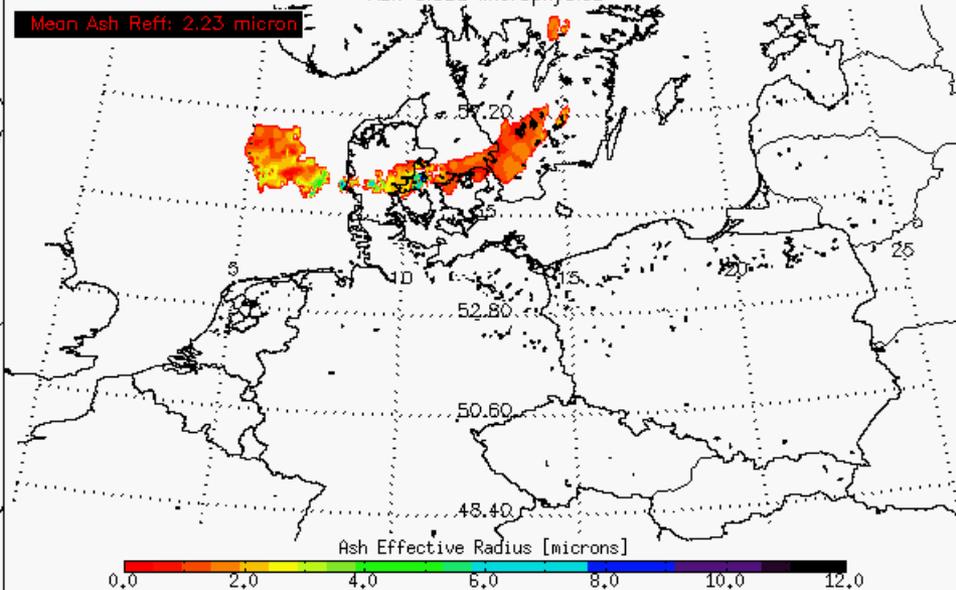
Ash Cloud Height

Maximum Ash Height: 8.83 km



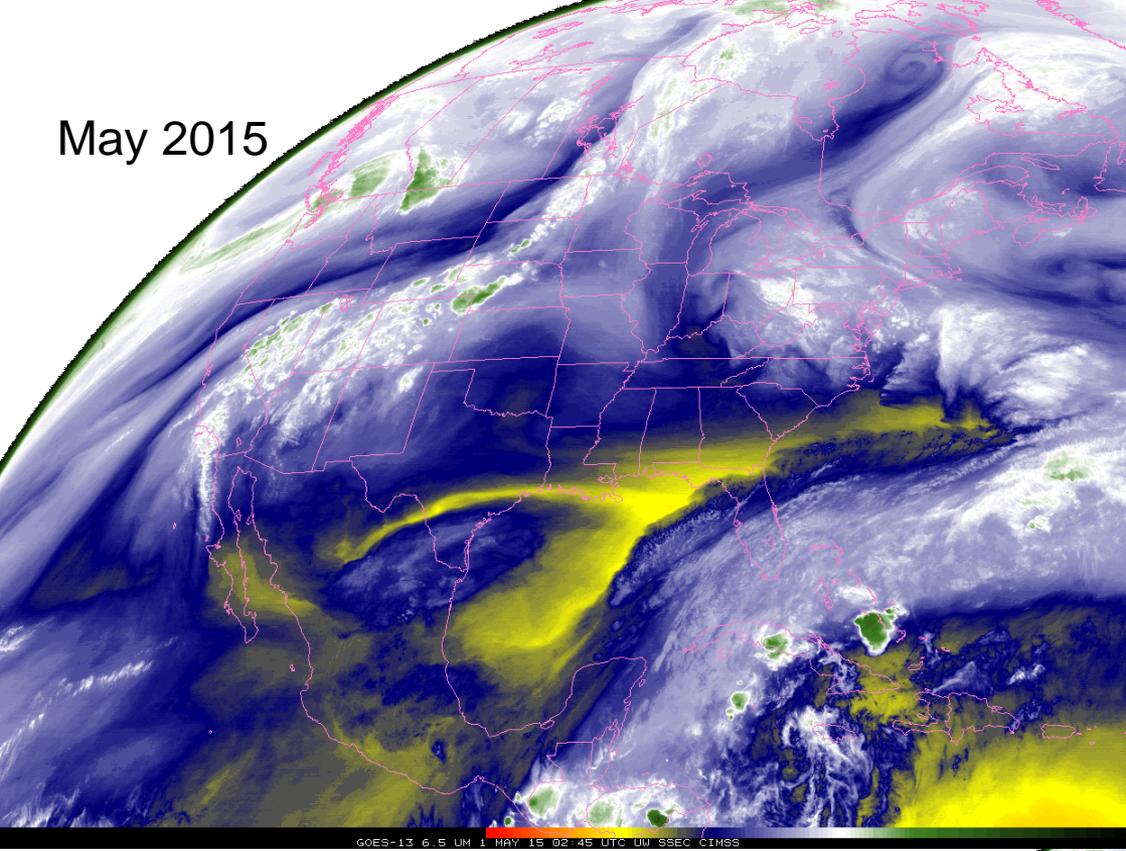
Ash Cloud Microphysics

Mean Ash Refr: 2.23 micron



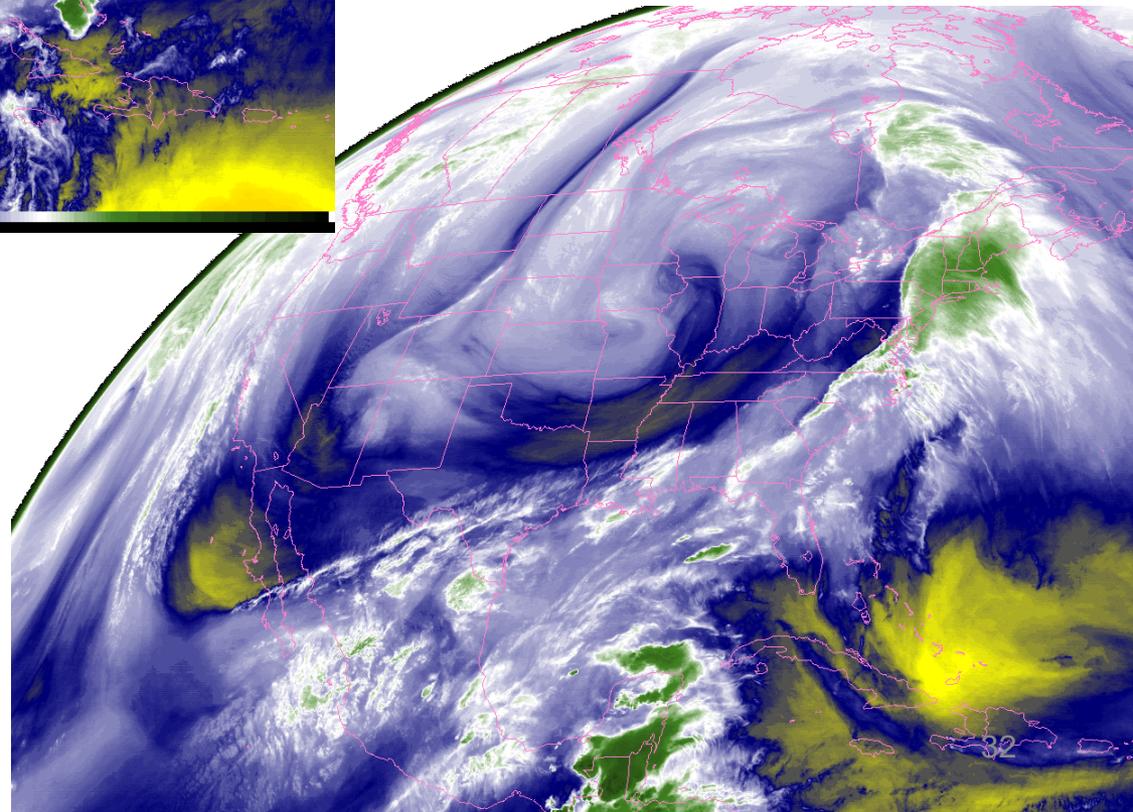
M. Pavolonis (STAR/CIMSS)

May 2015



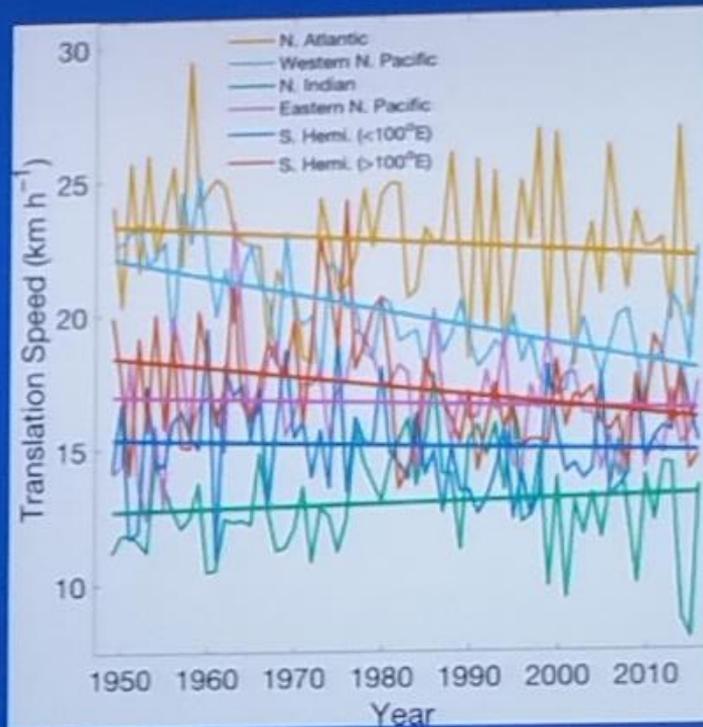
Question: how does it link to climate change? Can model simulate this inter-annual change?

May 2014



The mean 6.5 um channel BT for May 2015 was more than 2 degrees cooler than in May 2014 (237.2 K in 2015 vs. 239.6 K in 2014), which means the top of the moist layer in 2015 was higher (cooler) than in 2014.

The magnitude of the slowdown varies substantially by region and latitude, but slowing is found in every basin except the Northern Indian Ocean.



The slowdown is greatest in the western North Pacific (20%) and the region around Australia (15%).

There has been a 6% slowdown in the North Atlantic.

Kossin 2018



### 3. 新产品开发和新应用研究

针对风四观测特点，开发新的定量应用方法和技术，提高风四数据利用率和应用效果，并具有马上或潜在的业务转化和推广应用价值。

定量应用新方法（高时间分辨率、探、成像定量应用）

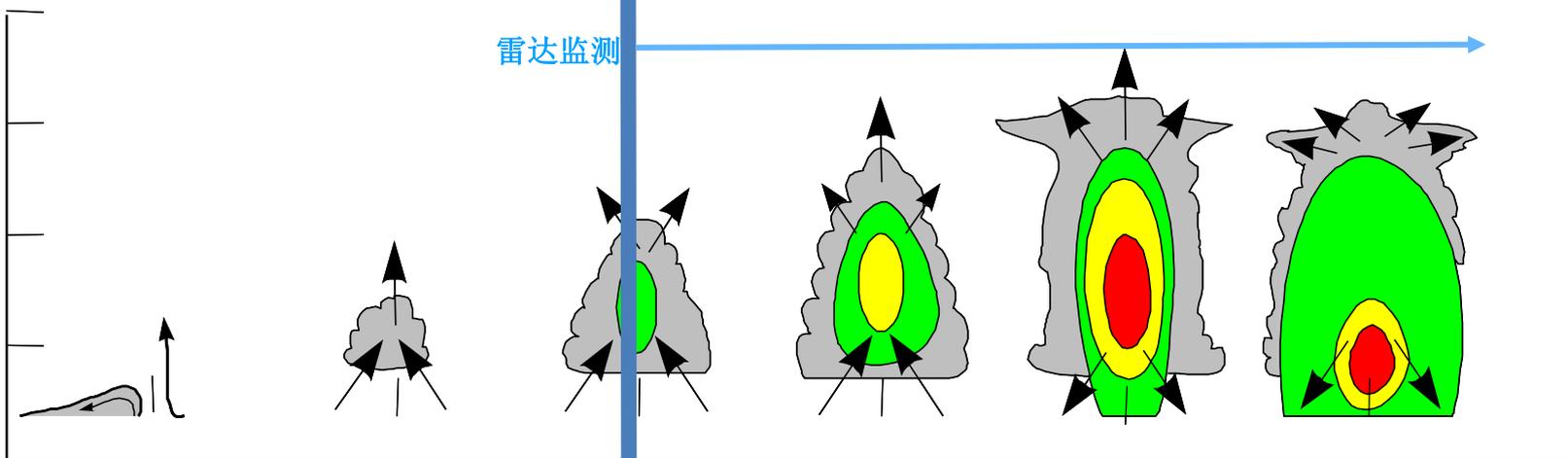
定量应用新技术（机器学习，先进研发平台等）

亟需的新产品（天气预警）

卫星监测

高度

12  
9  
6  
3



时间 →

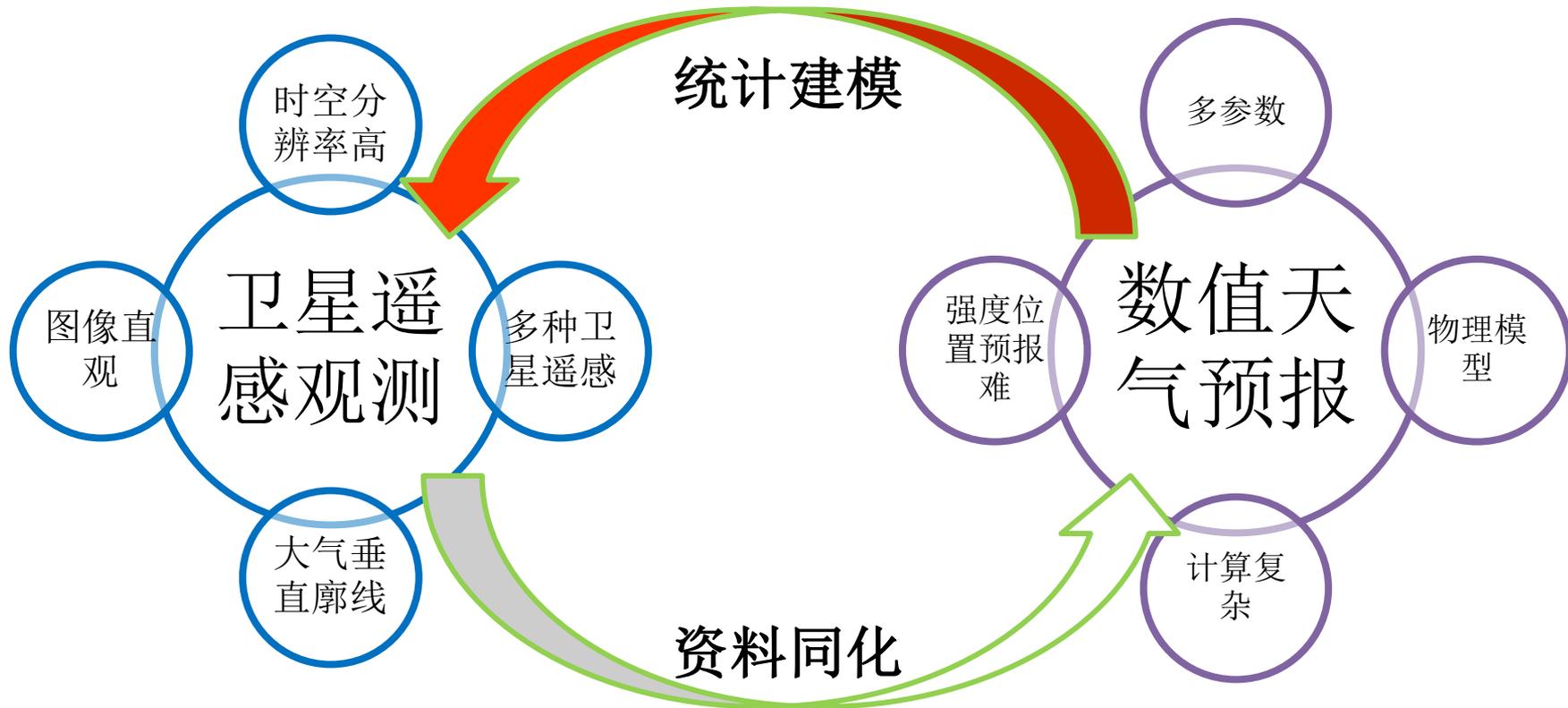
没有卫星资料的预警和预报

有卫星资料的预警和预报

Q1: 如何预测对流初生  
(-2 - 0 小时) ?

Q2: 初生后如何预测对流发展和变化  
(0 - 6 小时) ?  
外推, NWP同化雷达观测

突发性强对流预警（SWIPE）产品：利用机器学习开发了基于高分辨率地球静止气象卫星观测和短期数值天气预报模式输出相结合的中国区域局地强对流系统短临预警模式（能够有提前0 - 1小时有效预测局地强对流发生）

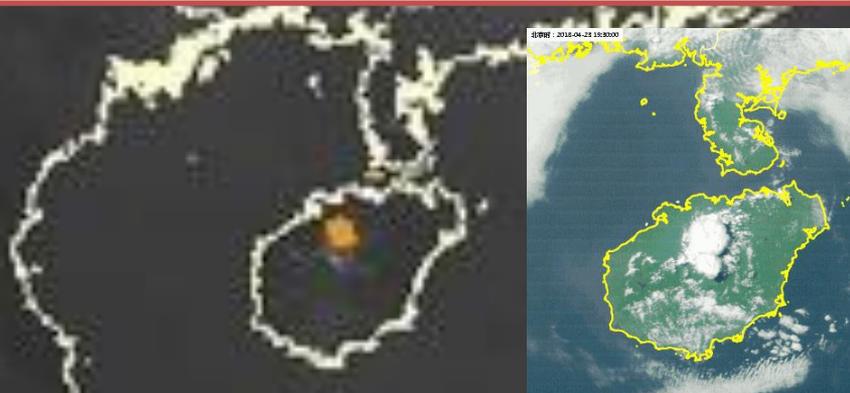


• 预测因子？

• 卫星V.S.NWP？

• 新一代卫星？

# 对流初生预警新产品： local severe Storm Warning In Preconvention Environment (SWIPE)



时 间：2018年5月7日（周一）下午14:00—17:00

报告题目：Local severe storm warning in preconvection environment – Look globally, warn locally: A new real-time product based on high resolution geostationary satellite and NWP data with machine learning

主讲人：李俊博士（Distinguished Scientist, Space Science and engineering Center, University of Wisconsin-Madison）

主持人：张小玲

地 点：气象科技大楼 502 会议室

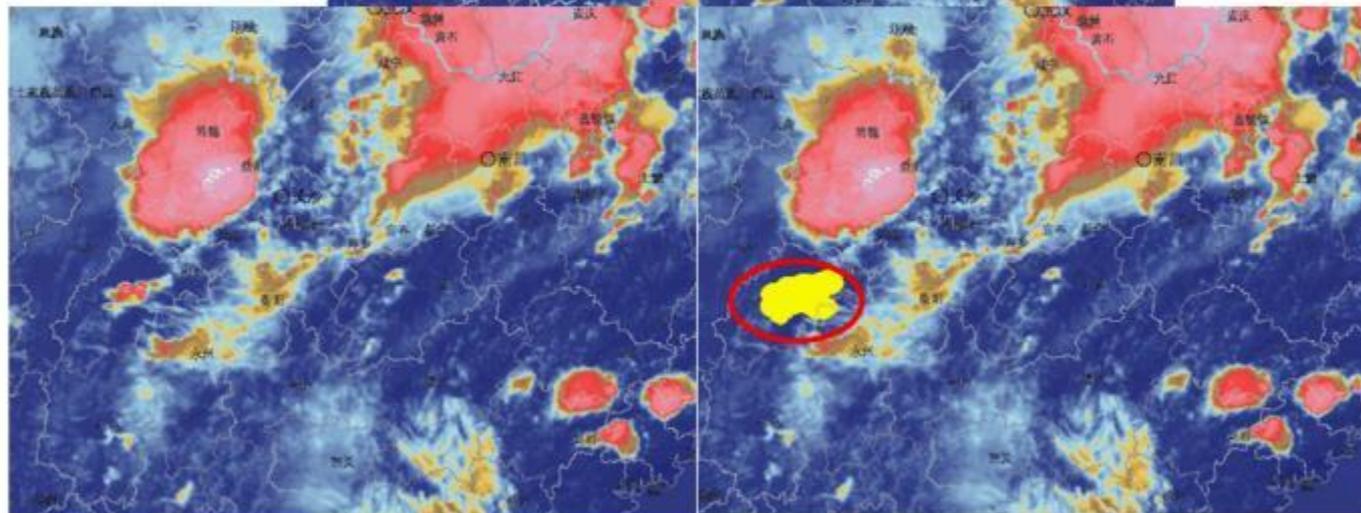
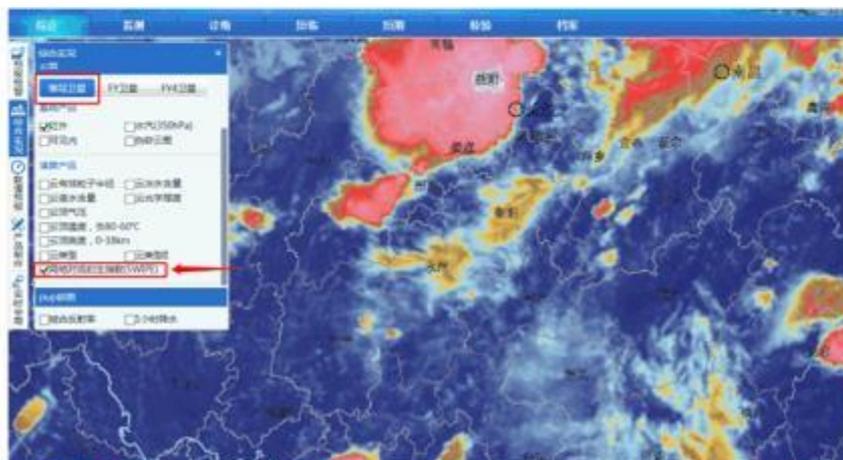
欢迎大家参加！





收件人: SYPC任务,  
抄送: 闵敏/卫星气象研究所/卫星中心/CMA, 李俊/中心领导/卫星中心/CMA,  
密送:  
主题: 局地对流初生指数 (SWIPE) 产品

各位:  
网站“综合”版块“葵花卫星”下增加“局地对流初生指数 (SWIPE)”产品, 分为黄色 (中等) 和红色 (强) 两个强度等级, 代表这块云未来发展旺盛程度, 请大家试用。



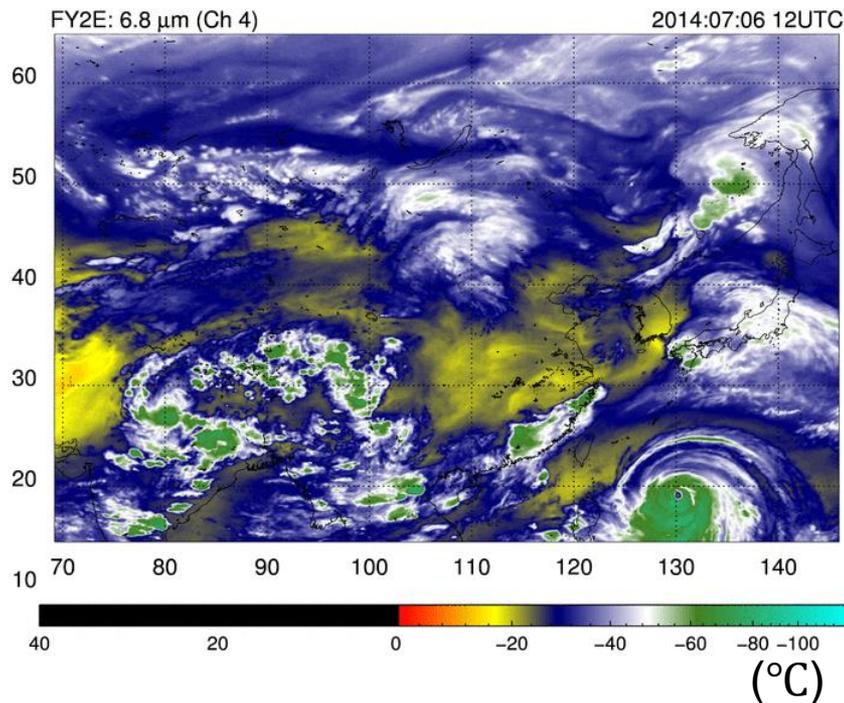
2018年5月18号

# 新应用 - 模拟云图

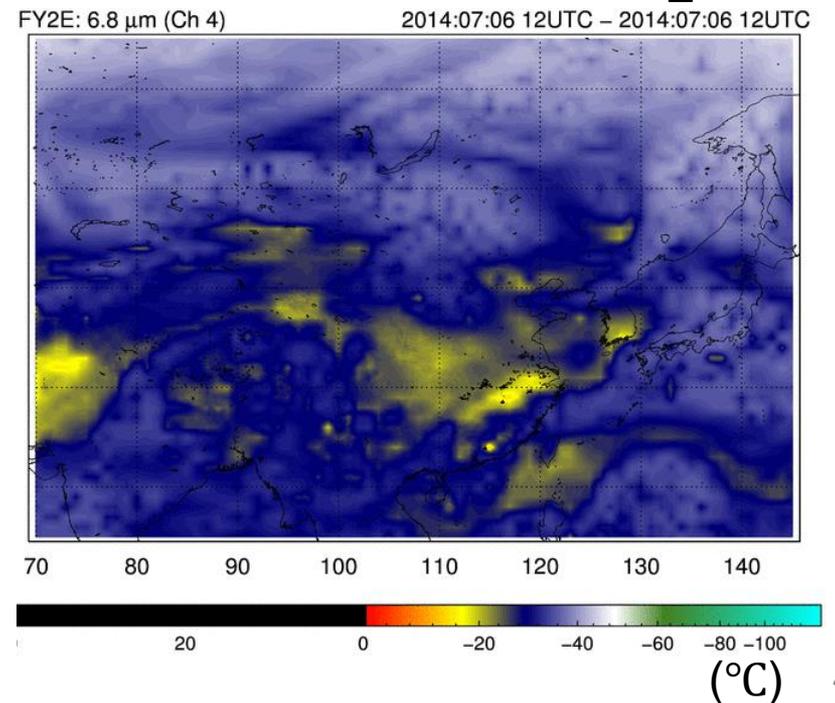
预报员不但需要从云图上认清当前的天气形势，还需要根据高分辨率数值预报场预知未来1 - 3 天的中尺度天气系统变化，因此迫切需要一个能够将数值天气预报模式输出转化成模拟的卫星云图 - 卫星云图模拟系统。与NWP各形势场相比，模拟的卫星云图能够更直观地提供预报员制作天气预报产品时所需信息。

“对于预报员来说，云图模拟技术使得天气系统形象，具体，清晰” - 陶祖钰

FY2 水汽图像（观测）

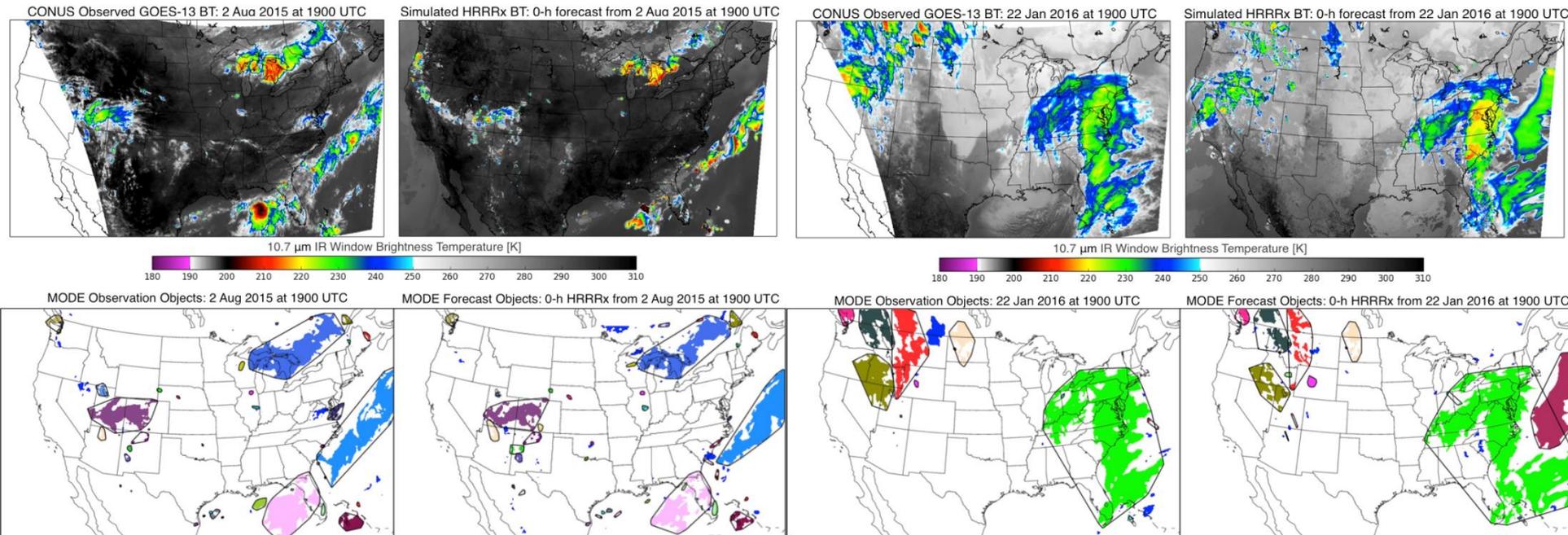


FY2 水汽图像（模拟 - GRAPES\_Meso）



# Identifying Cloud objects using the Method for Object-Based Diagnostic Evaluation (MODE)

Cloud objects in the upper troposphere identified using observed and simulated GOES infrared brightness temperatures for 01-31 August 2015 and 01-31 January 2016



GOES-13 observed (left) and HRRRx (right) simulated IR Window BT images from 1900 UTC on 02 August 2015 with corresponding MODE objects.

GOES-13 observed (left) and HRRRx (right) simulated IR Window BT images from 1900 UTC on 22 January 2016 with corresponding MODE objects.

Slide shows examples of the forecast and observed cloud objects from HRRR forecasts in August (left side) and January (right side)



国家气象中心  
NATIONAL METEOROLOGICAL CENTER  
110005101-1024

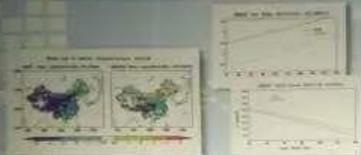
主办：数值预报中心

2016年第19期

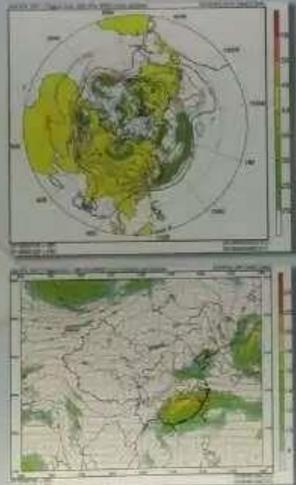
总第337期

# 2016年6月1日GRAPES 全球预报系统正式业务运行

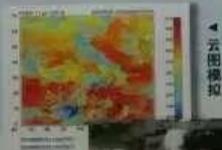
GRAPES全球预报系统的运行得到业务单位的大力协助，中国气象局气象探测中心、国家卫星气象中心保障优质资料进入同化系统；国家气象信息中心为运行和产品下发提供有力保障；国家气象中心在预报平台的集成、产品试用反馈等提供有力支撑。



GRAPES全球预报系统总体性能指标超过现行全球业务模式系统T639，近地面要素2米温度预报改进明显，降水预报对预报员有更好的指导意义。



2016年6月1日，北京时间11:30分，第一次业务运行正式启动  
12:35分，第一张北半球（上图）和第一张东亚区域产品图（下图）生成



云图模拟



▶ 雷达组合反射率



▶ 降水预报



GRAPES产品较T639相比更加丰富，物理诊断量的区域范围更大，层次更多，种类更全，如新增了强对流指数、稳定性指数、雷达组合反射率、卫星云图模拟图、云物理特征等



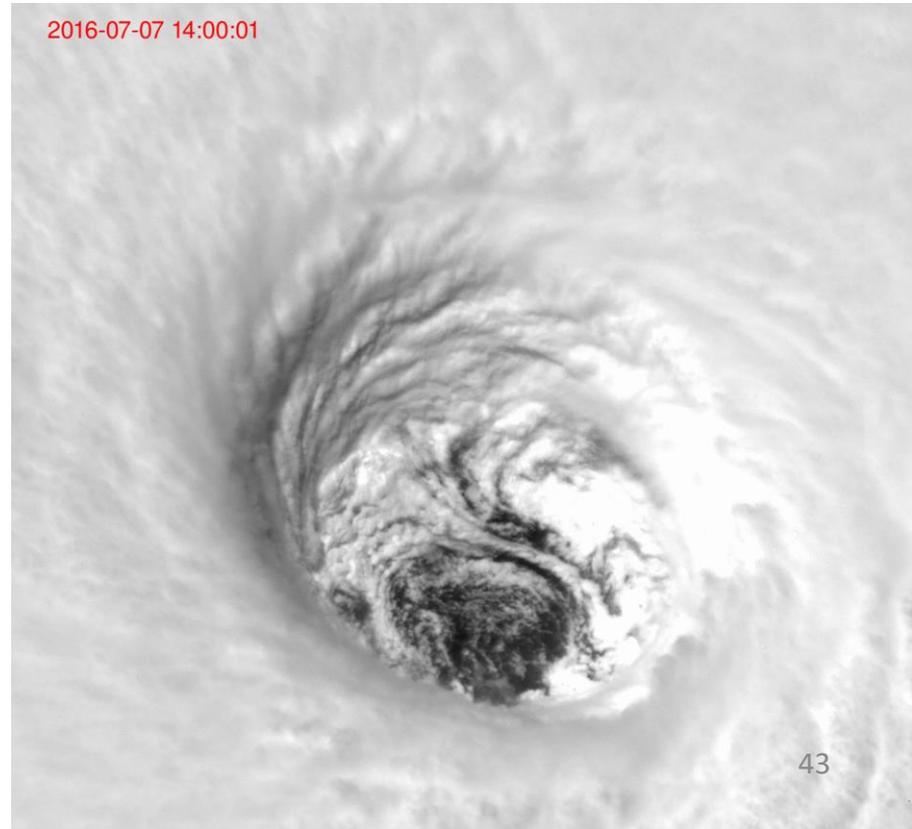
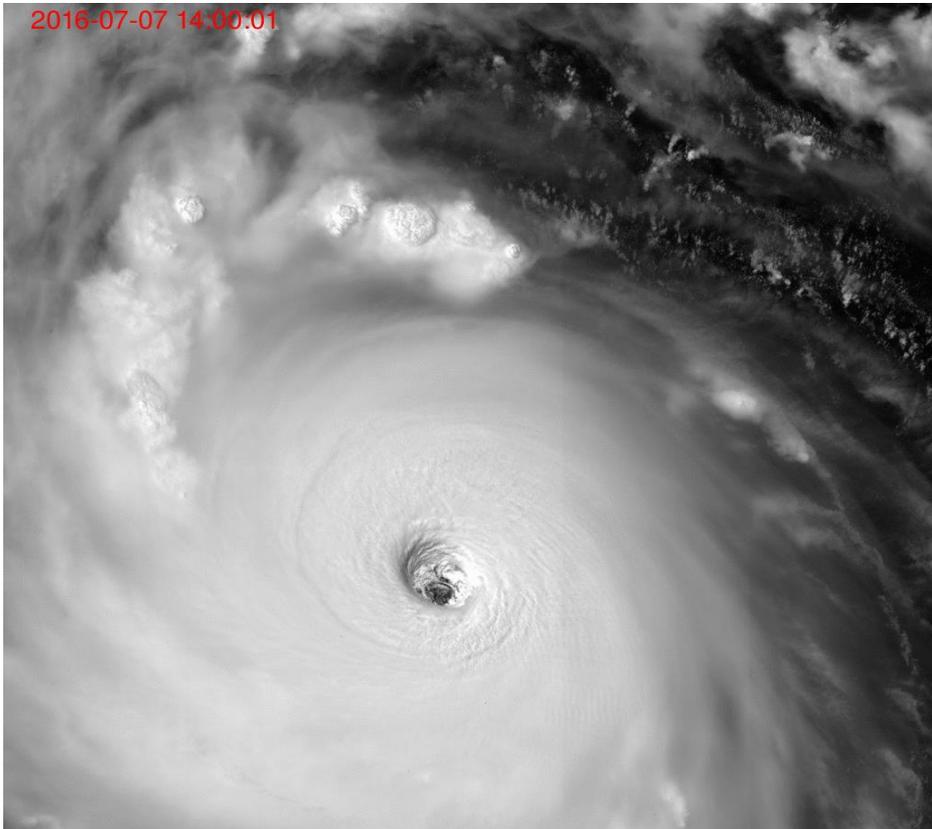
有针对性与四川、甘肃、辽宁、福建和江苏5个省开展试点应用工作。

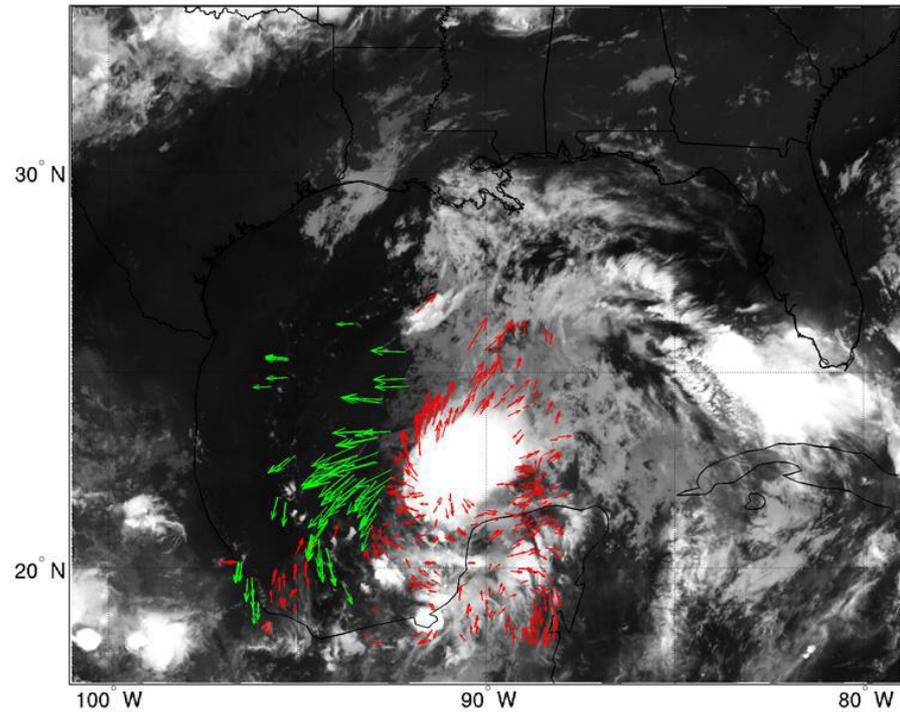
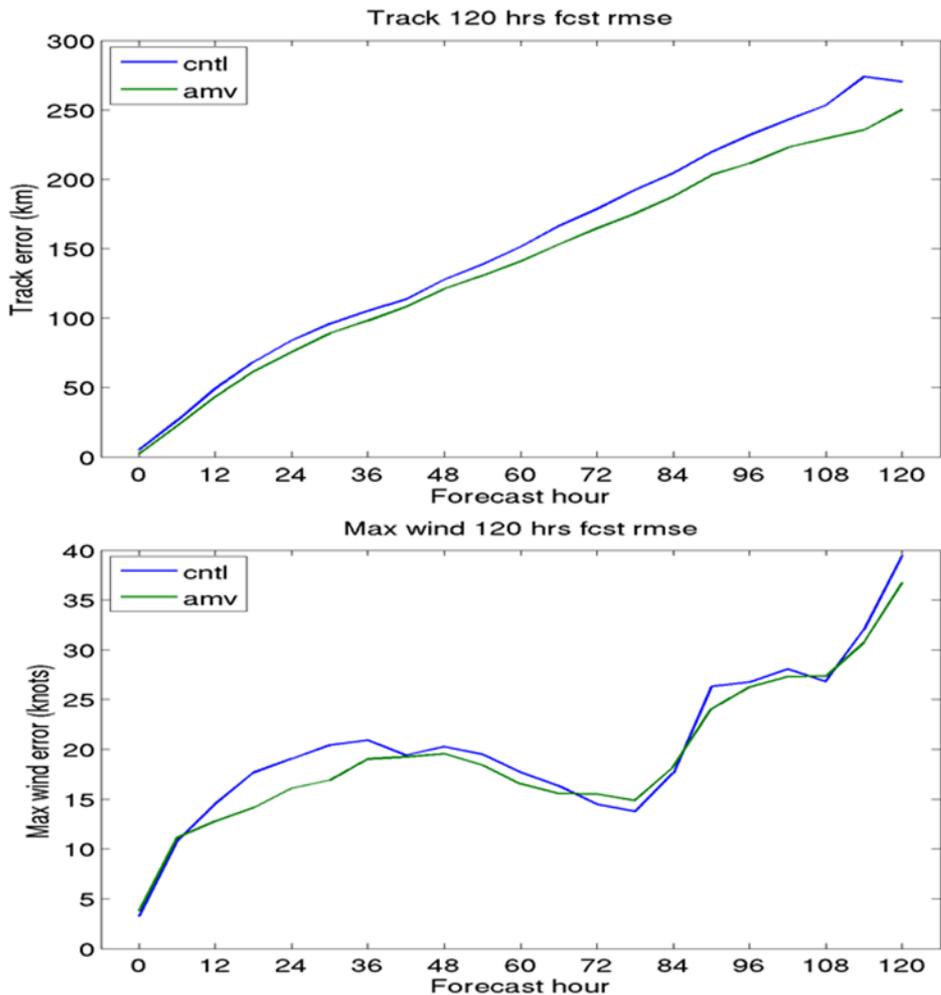


开展全国培训，针对用户在产品下发后的可能需求做一些解释说明和技术支持，并且对GRAPES/GFSV2.0的预报性能作详细的检验评估，促进一线业务人员对模式产品的理解与应用

The strong typhoon **Nepartak** (July 7, 14:00:01, 2016, by **GF4**). It was revealed that **typhoon eye has very fine structure** which was unknown in the past.

**尼伯特台风眼的精细结构（2016年7月7日 14:00:01, GF4）**





The track and SPD forecast RMSE from control and mesoscale AMV experiments forecasts, for hurricane Irma (2017). The assimilation was conducted four time a day (at 00, 06, 12 and 18 UTC) from 18 UTC 04 September 2017 to 00 UTC 10 September 2017, followed by 120-hour forecasts.

## 4. 风四定量产品开发总结

- 成功之处
  - 计划完备，标准具体，方案可行
  - 算法集成测试平台是算法开发中的一个创新
  - 科学责任人和工程责任人分工明确，协调良好，业务化顺利
- 不足之处
  - 缺少用户参与，用户需求意见没有得到充分体现
  - 缺少大学和科学研究单位参与，没有将科研的优势力量整合其中

# FengYun Geostationary Algorithm Testbed (FYGAT)

– A near real time R&D system to support R2X

FYGAT  
实时研  
发平台

Research to Users (R2U)

R2A

Direct Broadcast  
SWAP  
MICAPS

R2O

风四地  
面系统

业务产  
品生成  
及分发

各省局  
科研  
航空  
渔业  
林业  
电力  
交通运输  
气科院  
公服中心  
气象中心

**定量应用的困惑：**对于地球静止气象卫星，虽然开发了多种定量产品，但在天气预警和预报中真正得到有效应用的却极少，因此新产品新应用研究极为重要。

- 高影响天气监测和预警
- 气候研究（模式评估，日变化）
- 沿海经济带防灾减灾（台风带来影响评估）
- 关键业务产品改进和应用
- 新产品（业务产品以外）开发和应用
- 数值预报模式同化关键技术
- 西部地区环境监测和应用
- 汛期强降水监测、预警和预测技术
- 环境和雾霾监测和预测
- 闪电产品应用