

Methods and Experiments of Detecting Overshooting Top by Using Himawari-8 Imagery

Chien-Ben Chou

“Central Weather Bureau”, Taipei Taiwan
Email: chou227@gmail.com

Received: Jun. 3rd, 2016; accepted: Jun. 25th, 2016; published: Jun. 28th, 2016

Copyright © 2016 by author and Hans Publishers Inc.
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

Detection of overshooting top experiments with three different methods has been conducted by using Himawari-8 data. We used the IRW-texture method and the algorithm based on different brightness temperature between water vapor and infrared window channel in this study. And we provided a local minimum method which combined the characteristic of both methods as mentioned above. In this method, we tried to avoid using information from numerical weather forecast as in IRW-texture method. And we designed the method to minor false detection as the algorithm based on different brightness temperature between water vapor and infrared window channel. To estimate the accuracy of overshooting top detection algorithms, results from those methods have been compared with deep convection RGB image, visible image, and enhanced infrared imagery. In this primary test, the local minimum method shows its potential in detection of overshooting top.

Keywords

Overshooting Top, Water Vapor Channel, Infrared Window Channel

以向日葵8号观测侦测过冲云的方法与实验

周鉴本

“中央气象局”气象卫星中心，台湾 台北
Email: chou227@gmail.com

文章引用: 周鉴本. 以向日葵 8 号观测侦测过冲云的方法与实验[J]. 地球科学前沿, 2016, 6(3): 190-200.
<http://dx.doi.org/10.12677/ag.2016.63022>

收稿日期：2016年6月3日；录用日期：2016年6月25日；发布日期：2016年6月28日

摘要

本文以三种不同的方法，使用地球同步卫星向日葵8号的影像，进行侦测过冲云的测试，采用现有的水汽频道减红外窗区频道法与IRW-texture方法，并提供局地最小值法进行测试，此法结合上述二法的特点，但试图不要使用IRW-texture法中所需的数值预报的产品，且不要如水汽频道减红外窗区频道法，产生过多的过冲云像元。三个方法的实验结果与红绿蓝三色合成的侦测深对流产品、可见光和红外线色调强化影像比对，初步实验发现本文提供的局地最小值法是一个可行的尝试。

关键词

过冲云，水汽频道，红外窗区频道

1. 引言

过冲云对气候变化、剧烈天气与飞航安全有着一定程度的关联。就对气候的影响而言，过冲云的强烈上升气流将对流层的水汽、云冰带入平流层且达到中性浮扬层之上，其主要的机制是由过冲云所在的对流风暴之上的重力波破裂与乱流混合过程。而达到平流层的水汽影响气候的方式有：1) 扮演温室气体 [1]，2) 平流层内水汽增加，使得无机氯的自由基造成臭氧含量的减少 [2]。由于过冲云会产生乱流，因此直接测量过冲云中上升到平流层上的水汽，是比较困难的，但仍有证据显示透过对流，传送水汽到平流层是常见的现象，且常可达到对流层顶以上 5 公里之地区(例如：[3]与[4])。而过冲云的砧状云上的羽状卷云，也是证明对流可将水分输送到平流层的观测佐证(例如：[5]与[6])。至于飞航安全与剧烈天气方面，[7]指出，飞航乱流与云对地面间的闪电现象集中在靠近过冲云的地方。过冲云与地面剧烈天气，如冰雹、豪雨及龙卷风等亦有关联，[8]研究欧洲地区过冲云与剧烈天气现象的关系发现，其相关性对大冰雹(53%)与强风(52%)较大，对龙卷风较小(14%)，[9]指出侦测过冲云可以帮助在缺乏天气雷达的地方增加剧烈天气警告的时间。

侦测过冲云的方法有两种，一为过冲云之上的水汽进入较过冲云顶层更高的地方，而此处的平流层温度较高于过冲云顶所在之温度，因此水汽频道减红外窗区频道的亮度温度值会大于 0，例如：[10]与[11]，但这种方法用于向日葵 8 号观测影像时常指出除过冲云外，也将其附近对流强盛的像元判为过冲云，而较难精确指出过冲云的位置。另一方法为 IRW-texture 法，此法为 Bedka 于 2010 年所提出 [7]，此法以红外窗区频道观测到过冲云温度低于其附近砧状云均温为基础，以二者温差作为判断之标准，此法可较精确指出过冲云位置，但须依赖数值预报之产品之准确度，因此本文提供局地最小值法，此法结合二者的特性，试图只用卫星数据产生精确地过冲云侦测。以上三个方法的详细内容于 2. 节中详细叙述。

2. 方法

介绍侦测过冲云的方法之前，首先了解先前研究，对过冲云特征所得的认知，过冲云顶在多频道的卫星影像上的特征表现：在可见光观测显示出多块的如花椰菜的影像，在红外线观测，例如 11 微米的窗区频道，表现为成簇的低亮度温度影像。[12]与[13]指出过冲云顶进入低平流层时仍维持 7~9 度每公里的降温率，造成其比附近砧状云的温度低，砧状云的温度接近对流层顶的温度 [13]。而过冲云顶之上的水汽可到达平流层更高的位置，因此较过冲云顶处于较高温度的大气之中 [11]。

而以飞机挂载光达观测过冲云顶，显示过冲云顶的高度约比其周围砧状云高出 2 公里[14]。若由 Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) 降雨雷达的观测则显示，过冲云顶的高度约比其周围砧状云高出 0.67 公里，两者的差异可能来自光达所观测到的是冰晶反射，而 TRMM 则为较低层的降雨粒子。

2.1. 水汽频道减红外窗区频道法

使用 6.7 微米水汽频道亮度温度减去 11 微米红外窗区频道亮度温度的差值侦测过冲云顶的技术，在过去许多的研究中被提出，[7]指出他们主要是基于下列的假设：1) 低平流层的温度随高度增加而升高；2) 因伴随过冲云顶的上升气流将水汽带到较高的高度，致使水汽的高度在过冲云顶的高度之上；3) 水汽频道接收来自较高温度的水汽放射，而红外窗区频道接收来自较低温的过冲云顶的云顶放射；4) 因此水汽频道亮度温度减去 11 微米红外窗区频道亮度温度在过冲云发生时为正值，可用于侦测过冲云顶的存在。但需注意的是，由于水汽的平流，可能造成最大正值区，不一定在过冲云顶的正上方。

然而侦测过冲云顶使用 6.7 微米水汽频道减去 11 微米红外窗区频道的方法，其阀值的设定会随下列的参数而变化，例如：卫星观测仪器的分辨率，频道光谱的范围，上升气流的强度，平流层温度的垂直变化率，水汽在平流层存在的时间等。以 4 公里分辨率的 GOES-12 影像为例，水汽频道减红外窗区频道的差值大于+1 度时，显示有过冲云顶存在[10]。而对 1 公里分辨率的 MODIS 影像而言，若采用+1 度则除了侦测到过冲云顶的像元外，也误判部分砧状云为过冲云顶，而+2 度的值似乎比较适用于高分辨率的影像数据[7]。本次实验结果为差值大于 2.5 度之情形。

2.2. IRW-Texture 方法

另一方法是利用过冲云顶与砧状云平均亮度温度差值做为判断过冲云顶的条件，此法称为 IRW-texture 法。[15]观察指出，由 1979 到 2003 美国的平均对流层顶温度的区间为由佛罗里达的 202 度到缅因州的 218 度。[10]使用 215 度为深对流的基准点。[7]由[16]收集的 450 大雷雨个案分析 AVHRR 与 MODIS 1 公里可见光与红外光云图，发现最大的过冲云顶半径是 12 公里，这比[17]指出的 1 到 10 公里直径为大，但比[18]描述的一些极端个案为小。基于对过冲云的观察，在 IRW-texture 方法中，假设过冲云的直径小于 15 公里，因此对每个冷(亮度温度小于 215 度且小于数值预报对流层顶温度)的过冲云候选像元，使用 12 公里为半径寻找计算砧状云均温的像元。计算砧状云温度的像元必须小于 225 度，寻找计算砧状云均温的 16 个轴对称方向中必须至少有 5 个方向合于条件，以防止砧状云为非圆型对称的情形，若冷的过冲云候选像元的附近平均砧状云温度若能被计算出，若候选像元温度低于平均砧状云温度 6.5 度以上，则被选为过冲云顶的像元。

在使用 IRW-texture 方法时，本文目前计算过冲云顶像元的程序情形如下，我们定义过冲云顶候选像元与砧状云像元采用的方式：若像元 11 微米亮度温度小于 215 度且小于数值预报对流层顶温度加 2.5 度时，则定义为过冲云顶候选像元，加 2.5 度的原因，是考虑地球同步卫星的分辨率比绕及卫星分辨率小，尤其在北方，因此在此区若要求小于对流层顶温度时，才定为过冲云像元候选者，可能遗漏部分像元，尤其较弱的过冲云[8]。若像元 11 微米亮度温度小于 225 度及对流层顶温度加 12.5 度，且非过冲云候选像元，则定义砧状云像元。当过冲云顶候选像元与砧状云像元决定后，计算每个过冲云顶候选像元 8 至 24 公里环状内平均砧状云温度，至少需 25% 以上的环状内像元用于计算，若过冲云顶候选像元温度低于平均砧状云温度 6.5 度则判定为“真的”过冲云顶像元。

2.3. 局地最小值法

在这个程序中，结合 IRW-texture 与水汽频道减红外窗区频道法，并且以划定小区块中 11 微米频道

观测最小值作为选取过冲云的参考，而不以数值预报的对流层温度为参考，处理的程序如下：首先将处理影像像元画分为数个小区块(如图 1)，并计算出每一小区块中 11 微米亮温的最小值，过冲流云顶候选像元为小区块中 11 微米亮温小于亮温最小值加 4 度，并小于 215 度，则定义这一像元为在此小区块影像中的过冲云顶的候选像元；如果一个像元它的 11 微米亮温小于亮温最小值加 15 度，及 11 微米亮温小于 225 度，且未被定义为过冲云顶候选像元者，则被定义为在此小区块影像中的砧状云像元。当过冲云顶候选像元与砧状云像元决定后，决定判为过冲云的方法如 2.2. 节所述。经此决定的过冲云像元，最后以水汽频道减红外窗区频道值大于 1 度之像元，及以此像原为中心的 3 乘 3 像元，设为筛选屏蔽。只有落在屏蔽内的过冲云像元，最终定义为真正的过冲云像元。

2.4. 深对流红绿蓝三色合成影像

制作深对流红绿蓝三色合成影像时，红、绿、蓝各分量将各自选取物理量转成 0 到 255 色阶的方法如公式(1)：

$$\text{BYTE} = 255 * \left[(\text{物理量} - \text{MIN}) / (\text{MAX} - \text{MIN}) \right]^{1/\text{GAMMA}} \quad (1)$$

公式中各参数设定列于表 1。这个合成影像指出重要的对流微物理特征，例如小的冰粒子，存在小的冰粒子标志着强烈上升气流与可能发生剧烈的天气现象。其色彩显示的意义：大部分背景为蓝/洋红色，高层厚的冰云，包括积雨云为红色，黄色通常暗示对流云顶有小的粒子存在。相较许多其他卫星影像，深对流红绿蓝三色合成影像优点在于它能指出高强度的对流胞，有助于区分新的与消散中的对流，它的缺点在于只适用于日间、对于深对流以外的天气型态分辨率不佳、且黄色并非只代表小冰粒子存在，也可能是非常低温而由大的冰粒子组成的云顶。本次实验所有方法是以 Interactive Data Laguange (IDL) 程序语言完成。

3. 资料

本次实验使用日本卫星向日葵 8 号的先进向日葵影像(Advanced Himawari imager)中的水汽频道(6.2 微米)与红外窗区频道(11.2 微米)进行测试。向日葵 8 号卫星自 2015 年 7 月 7 日 02 时 00 分世界标准时开始作业，先进向日葵影像包含 16 频道，其各频道参数如表 2。每 10 分扫描全球一次，另外也较高频率的扫描包含：区域 1 (日本东北地区；扫描频率 2.5 分)、区域 2 (日本西南地区；扫描频率 2.5 分)、区域 3 (目标区；扫描频率 2.5 分)、区域 4 (地标区；扫描频率 0.5 分)、区域 5 (地标区；扫描频率 0.5 分)，区域 1 与 2 是固定的而其它区域是可变动的，详内容可参看 2015 年使用手册[19]。我们的实验是使用全球扫描的数据。另外用于计算地表辐射与对流层顶辐射所需的温度数据，是由美国国家环境监测预报中心的全球预报系统的分析场数据。

4. 实验结果

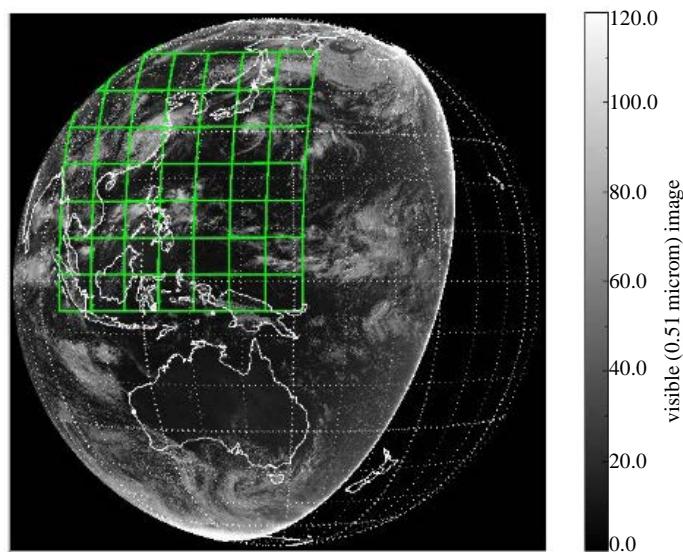
在此将实验结果显示于图 2 中，实验资料是 2015 年 10 月 8 日 06 世界标准时的向日葵 8 号卫星影像与对应时间的全球预报模式的分析场，图 2(a)~(c)分别为水汽频道减红外窗区频道法、IRW-texture 法及局地最小法的过冲云像元的侦测情形。图中红点为被侦测为过冲云的像元，图 2(c)中，粉红色为 2.3 节所述水汽频道减窗区频道所提供的筛选屏蔽区域。比较三者，水汽频道减红外窗区频道法认定的过冲云像元最多，IRW-texture 法较少，局地最小法介于中间。但三者侦测的位置，基本上而言是一致的，且比对卫星可见光云图(图 2(d))与红外线色调强化云图(图 2(e))发现，侦测的位置落于对流较强的云系中，可见光显示较白且红外线云图亮度温度较低的地方。再与深对流红绿蓝三色合成影像(图 2(f))比对，在合成影像中黄色部分所代表强的烈对流区域，与实验中侦测到的过冲云位置是契合的。

Table 1. The parameters used in formula (1) to create deep convection RGB mage
表1. 公式(1)用于制造深对流红绿蓝三色合成影像的各个参数设定

分量	物理量	MIN	MAX	GAMMA
红	6.2 – 7.3 微米频道	-35	5	1
绿	3.9 – 10.4 微米频道	-5	60	0.5
蓝	1.6 – 0.64 微米频道	-75	25	1

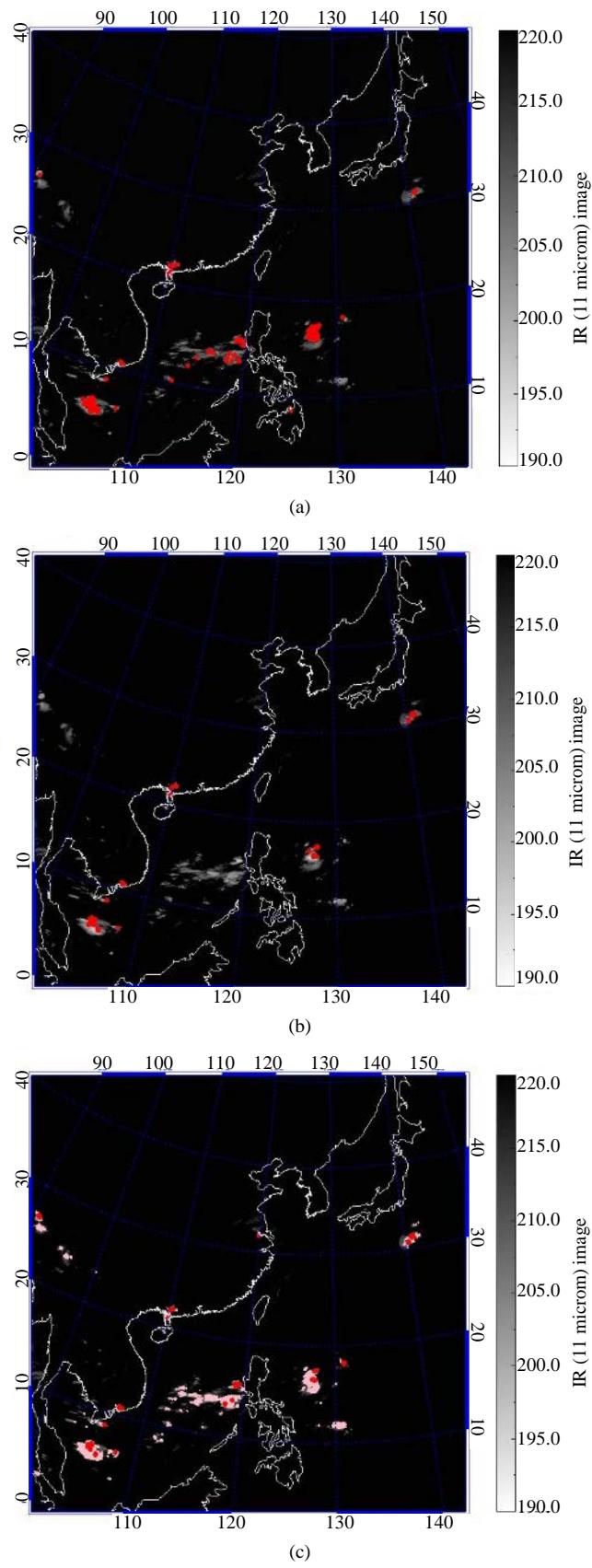
Table 2. The parameter for 16 channels of Advanced Himawari imager on Himawari-8
表2. 日本向日葵 8 号各个频道参数

频道序号	中心波长(微米)	分辨率(公里)	扫描像元数
1	0.46	1	11,000
2	0.51	1	11,000
3	0.64	0.5	22,000
4	0.86	1	11,000
5	1.6	2	5500
6	2.3	2	5500
7	3.9	2	5500
8	6.2	2	5500
9	7.0	2	5500
10	7.3	2	5500
11	8.6	2	5500
12	9.6	2	5500
13	10.4	2	5500
14	11.2	2	5500
15	12.3	2	5500
16	13.3	2	5500



Overshooting Top Time: 2015_0810_0600

Figure 1. Each small square processed in local minimum method
图1. 局地最小值法，小区块分割的情形



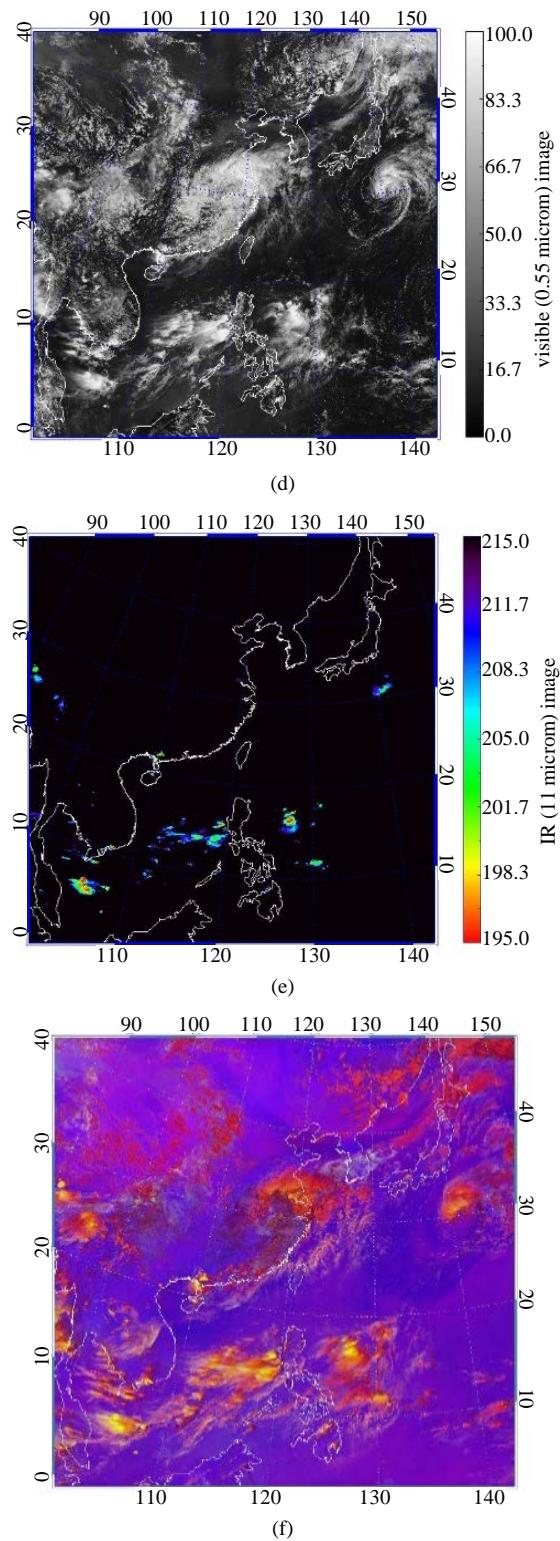


Figure 2. (a) The results are from the algorithm based on the value of water vapor channel minus infrared window channel. Red points represent the location of overshooting top, (b) and (c) are the results from IRW-texture and local minimum method, (d) the visible imagery, (e) enhanced infrared imagery, and (f) the deep convection RGB image

图 2.(a)是以水汽频道减红外窗区频道所得结果，红点代表过冲云的位置，(b)与(c)分别为以 IRW-texture 及局地最小值法侦测的结果，(d)可见光影像，(e)色调强化红外线影像，(f)是深对流红绿蓝的合成影像

我们放大观察在雷州半岛附近侦测到的过冲云，比较三个方法侦测过冲云结果的异同，图 3(a)~(e) 分别是红外线色调强化影像、可见光影像、水汽频道减红外窗区频道法、IRW-texture 法及局地最小值法的过冲云像元的侦测结果。由图中可以发现，水汽频道减窗区频道法侦测到的过冲云像元位置比较零乱，且有时并非在过冲云正上方，可由比对图 3(c)与图 3(a)及图 3(b)得知，例如图 3(a)中亮度温度最低的像元位置并未与图 3(c)中的红点位置完全对应，这是因上层气流会将水汽带离原先上升位置所致，而 IRW-texture 法与局地最小法就显得较为合理，与红外线色调强化云图的低温区是一致的。另外观察热带海洋上的对流个案，位置在菲律宾东方海上，参看图 2(b)。这个例子的放大观察显示在图 4 中，图 4(a)~(e)分别是红

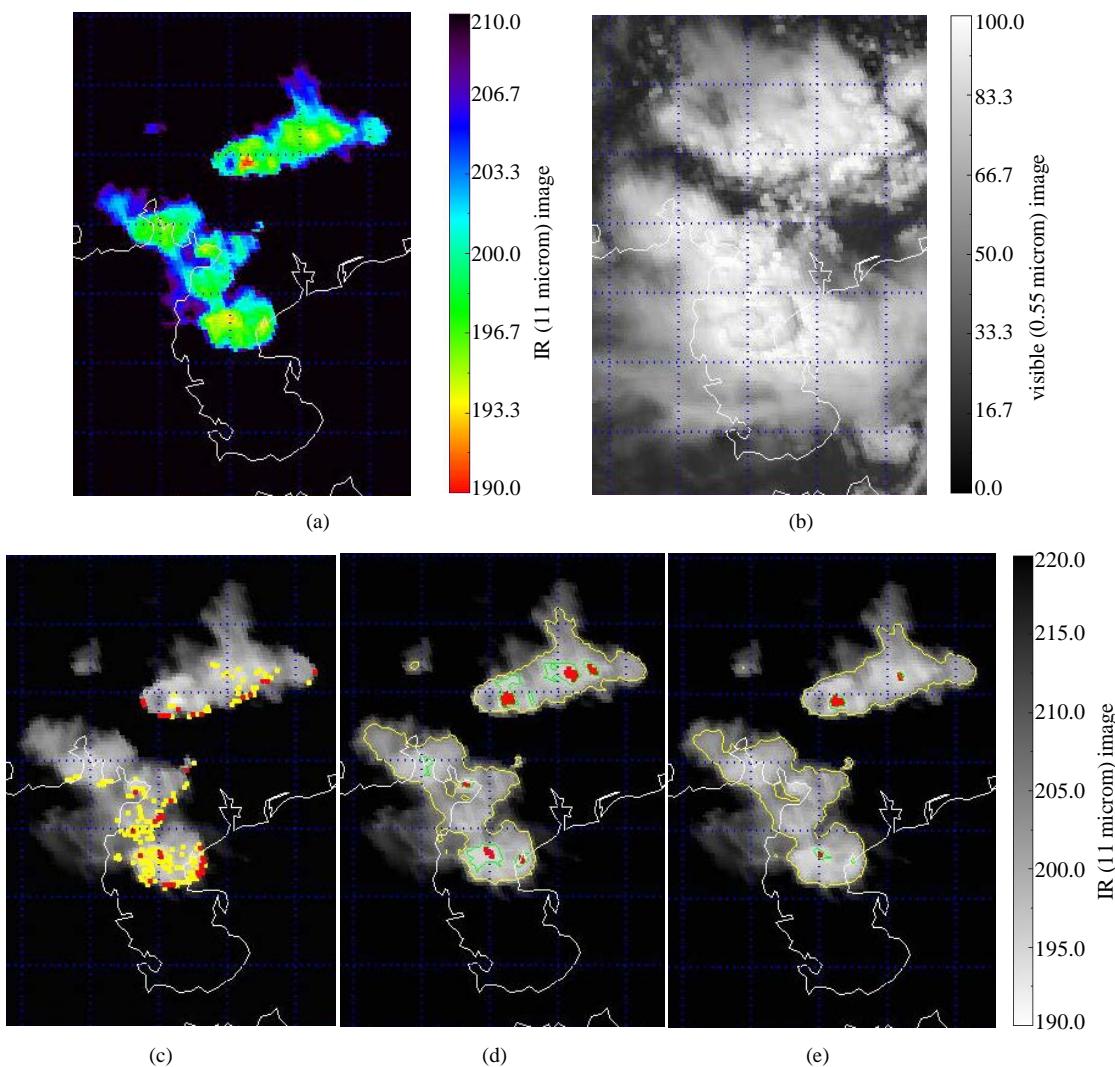


Figure 3. The case of overshooting top around the Leizhou Peninsula, (a) enhanced infrared imagery, (b) visible imagery, (c) the overshooting top from the algorithm based on the value of water vapor channel minus infrared window channel are red points. Yellow point is the pixel where the value of water vapor channel minus infrared window channel is between 1.5 and 2.5 K, (d) and (e) are the results from IRW-texture and local minimum method. The red points are the location of overshooting top. Pixels surrounded by green line are candidate of overshooting top. Pixels between green line and yellow line are anvil cloud

图 3. 雷州半岛附近过冲云的个案，(a)色调强化红外线影像、(b)可见光影像、(c)是以水汽频道减红外窗区频道所得结果，红点代表过冲云的位置，黄色部分是水汽频道减红外窗区频道值在 1.5 到 2.5 之间的像元、(d)与(e)分别是以 IRW-texture 及局地最小值法侦测的结果，红点代表过冲云的位置，绿色线所围的范围是过冲云候选像元，黄色线所围的范围是设定为砧云的像元

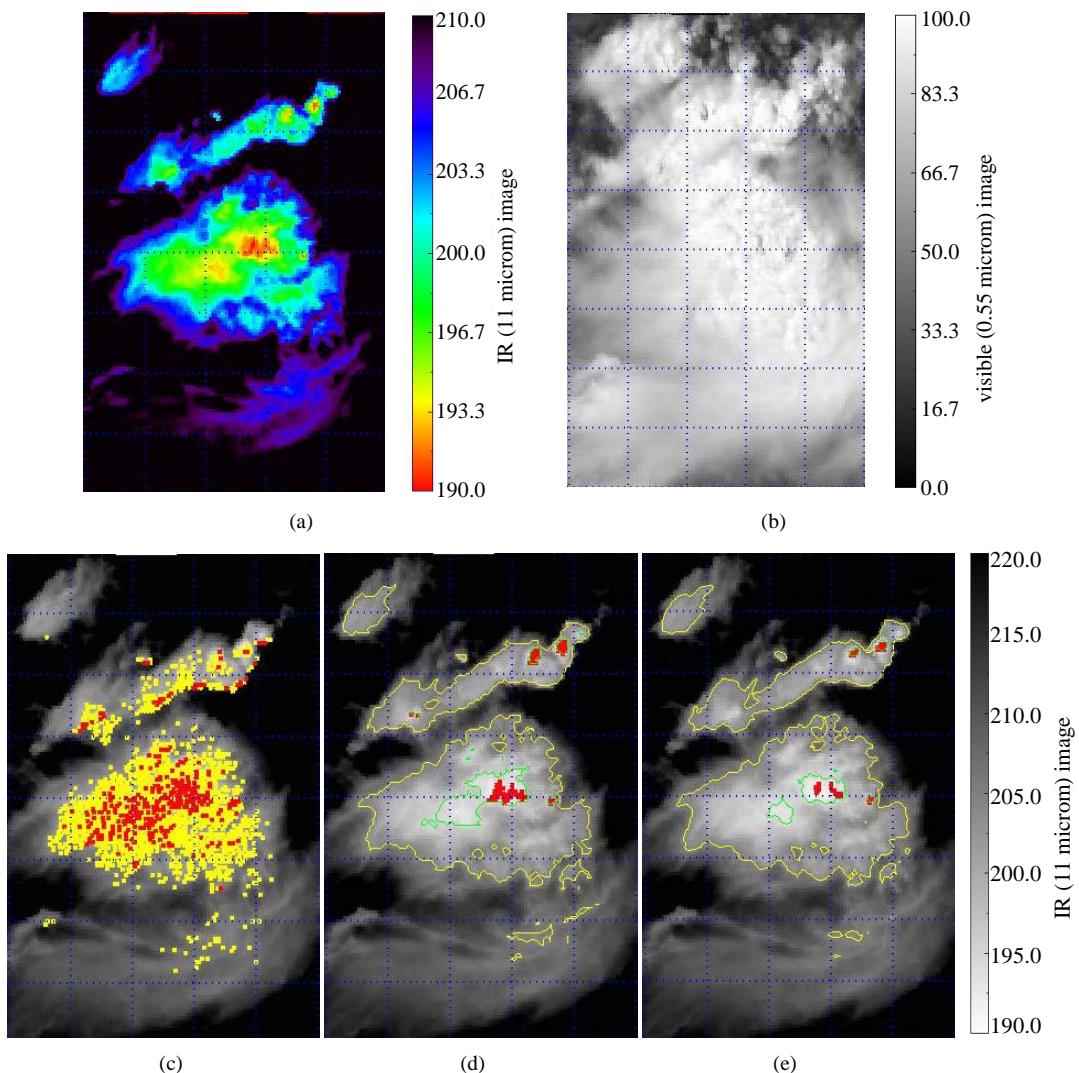


Figure 4. Same as Figure 3 but for the case over the ocean near the eastern Philippines
图 4. 如图 3 但为菲律宾东方海上个案

外线色调强化影像、可见光影像、水汽频道减红外窗区频道法、IRW-texture 法及局地最小值法的过冲云像元的侦测结果。由图中可以发现，IRW-texture 法与局地最小法的结果，如上个例子比较接近，与云图比较也较合理，而水汽减红外线频道法，则显示出大范围过多的过冲云，这现象在本次实验中热带强对流云中都有显示类似的情形(未全部展示)，这可能是热带地区对流强且时间比较久，造成较多较长时间的水汽存在于过冲云附近所致。由此实验可以发现，三种方法中 IRW-texture 法与局地最小值法较能明确指出过冲云所在位置，是适于向日葵 8 号卫星影像监测过冲云的。而热带与非热带云系性质的不同对求取过冲云可能造成的影响，也是应注意观察的。

5. 结论

此次实验测试三种侦测过冲云的方法于向日葵 8 号卫星影像，初步结果显示 IRW-texture 法与本文提出的局地最小值法是可以明确指出过冲云像元的，因 IRW-texture 法使用的数值预报场是可能有误差存在的，且水平分辨率目前是不如卫星观测，局地最小值法试图全部使用卫星数据来侦测过冲云，实验结果

也显示这样的想法是具可行性的。另外对云的特性也是需要多加观察的，因为较多的研究是以中纬度的过冲云为对象而得的，而它是选取过冲云候选像元与砧状云像元的参考依据，会影响到 IRW-texture 与局地最小法的侦测过冲云的最终结果。在未来的工作，将收集足够的过冲云个案，进行三种方法结果的统计分析，得到三者侦测的准确率、虚报率(没有过冲云却侦测为有)、及漏报率(有过冲云却侦测为没有)，作为改进方法之依据，和天气分析者使用此产品时的参考。

参考文献 (References)

- [1] Liou, K.N. (1992) Radiation and Cloud Process in the Atmosphere: Theory, Observation, and Modeling. Oxford University, Press, New York, 487 p.
- [2] Anderson, J.G., Wilmouth, D.M., Smith, J.B. and Sayres, D.S. (2012) UV Dosage Levels in Summer: Increased Risk of Ozone Loss from Convectively Injected Water Vapor. *Science*, **337**, 835-839.
<http://dx.doi.org/10.1126/science.1222978>
- [3] Dessler, A.E. and Sherwood, S.C. (2004) Effect of Convection on the Summertime Extratropical Lower Stratosphere. *Journal of Geophysical Research*, **109**, D2331. <http://dx.doi.org/10.1029/2004JD005209>
- [4] Ray, E.A., et al. (2004) Evidence of the Effect of Summertime Midlatitude Convection on the Subtropical Lower Stratosphere from CRYSTAL-FACE Tracer Measurements. *Journal of Geophysical Research*, **109**, D18304.
<http://dx.doi.org/10.1029/2004JD004655>
- [5] Setvak, M. and Doswell III, C.A. (1991) The AVHRR Channel 3 Cloud Top Reflectivity of Convective Stroms. *Monthly Weather Review*, **119**, 841-847. [http://dx.doi.org/10.1175/1520-0493\(1991\)119<0841:TACCTR>2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1175/1520-0493(1991)119<0841:TACCTR>2.0.CO;2)
- [6] Levizzani, V. and Setvak, M. (1996) Multispectral High-Resolution Satellite Observation og Plumes on Top of Convective Stroms. *Journal of the Atmospheric Sciences*, **53**, 361-369.
[http://dx.doi.org/10.1175/1520-0469\(1996\)053<0361:MHRSOO>2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1175/1520-0469(1996)053<0361:MHRSOO>2.0.CO;2)
- [7] Bedka, K., Brunner, J., Dworak, R., Feltz, W., Otkin, J. and Greenwald, T. (2010) Objective Satellite-Based Detection of Overshooting Tops Using Infrared Window Channel Brightness Temperature Gradients. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, **49**, 181-202. <http://dx.doi.org/10.1175/2009JAMC2286.1>
- [8] Bedka, K.M. (2011) Overshooting Cloud Top Detections Using MSG SEVIRI Infrared Brightness Temperature and Their Relationship to Severe Weather over Europe. *Atmospheric Research*, **99**, 175-189.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosres.2010.10.001>
- [9] Dworak, R.K., Bedka, J. Brunner, and Feltz, W. (2012) Comparison between GOES-12 Overshooting-Top Detections, WSR-88D Radar Reflectivity, and Severe Storm Reports. *Weather and Forecasting*, **27**, 684-699.
<http://dx.doi.org/10.1175/WAF-D-11-00070.1>
- [10] Martin, D.W., Kohrs, R.A., Mosher, F.R., Medaglia, C.M. and Adamo, C. (2008) Over-Ocean Validation of the Global Convective Diagnostic. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, **47**, 525-543.
<http://dx.doi.org/10.1175/2007JAMC1525.1>
- [11] Fritz, S., and Laszlo, I. (1993) Detective of Water Vapor in the Stratosphere over Very High Cloud in Tropic. *Journal of Geophysical Research*, **98**, 22959-22967. <http://dx.doi.org/10.1029/93JD01617>
- [12] Negri, A.J. (1982) Cloud-Top Structure of Tornadic Storms on 10 April 1979 from Rapid Scan and Stereo Satellite Observations. *Bulletin of the American Meteorological Society*, **63**, 1151-1159.
- [13] Adler, R.F., Markus, M.J. and Fenn, D.D. (1985) Detection of Severe Midwest Thunderstorms Using Geosynchronous Satellite Data. *Monthly Weather Review*, **113**, 769-781.
[http://dx.doi.org/10.1175/1520-0493\(1985\)113<0769:DOSMTU>2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1175/1520-0493(1985)113<0769:DOSMTU>2.0.CO;2)
- [14] Heymsfield, G.M., Fulton, R. and Spinhirne, J.D. (1991) Aircraft Overflight Measurements of Midwest Severe Storms: Implications on Geosynchronous Satellite Interpretations. *Monthly Weather Review*, **119**, 436-455.
[http://dx.doi.org/10.1175/1520-0493\(1991\)119<0436:AOMOMS>2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1175/1520-0493(1991)119<0436:AOMOMS>2.0.CO;2)
- [15] Hoinka, K.P. (1999) Temperature, Humidity, and Wind at the Global Tropopause. *Monthly Weather Review*, **127**, 2248-2265. [http://dx.doi.org/10.1175/1520-0493\(1999\)127<2248:THAWAT>2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1175/1520-0493(1999)127<2248:THAWAT>2.0.CO;2)
- [16] Brunner, J.C., Ackerman, S.A., Aachmeier, A.S. and Rab, R.M. (2007) A Quantitative Analysis of the Enhanced-V Feature in Relation to Severe Weather. *Wea Forecasting*, **22**, 853-870. <http://dx.doi.org/10.1175/WAF1022.1>
- [17] Fujita, T.T. (1992) Memorrs of an Effort to Unlock the Mystery of Severe Strom. WRL Research Paper 239, University of Chicago Wind Research Lab, 298 p.

- [18] Liu, C. and Zipser, E.J. (2005) Global Distribution of Convection Penetrating the Tropical Tropopause. *Journal of Geophysical Research*, **110**, D23104. <http://dx.doi.org/10.1029/2005jd006063>
- [19] Japan Meteorological Agency (2015) Himawari-8/9 Himawari Standard Data User's Guide, Version 1.1. http://www.data.jma.go.jp/mscweb/en/himawari89/space_segment/hsd_sample/HS_D_users_guide_en_v11.pdf

Hans 汉斯

再次投稿您将享受以下服务：

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>