



ひまわり活用事例の紹介

気象庁気象衛星センター

志水 菊広

平成30年度 気象・地震等の情報を扱う事業者等を対象とした講習会



2014 *HIMAWARI-8*

2016 *HIMAWARI-9*

はじめに



- 今回の講習会では、気象衛星ひまわり8号・9号の機能やその観測データの概要をご説明するとともに、ひまわり8号の観測データを一層ご活用いただけるよう、画像利用の基本的事項と最近の気象現象の解析事例をご紹介します。
 - 最近の数年間の予報官向け技術資料(予報技術研修テキスト)の衛星画像に関する内容を中心にまとめています。
 - ひまわり8号からは多様な波長帯の観測データによるさまざまな衛星画像・RGB合成画像・衛星プロダクトを利用できるようになりましたが、特に効果的に利用できるものをピックアップしてみなさんにご紹介します。

本日のおはなし



1. ひまわり8号・9号観測の概要
 - 衛星画像・RGB合成画像について
2. 霧・下層雲
 - 衛星画像・RGB合成画像による霧・下層雲の判別
 - 霧・下層雲の事例
3. 積乱雲
 - 衛星画像・RGB合成画像による積乱雲の判別
 - 積乱雲監視における視差について
 - 積乱雲の事例
4. まとめ



1. ひまわり8号・9号観測の概要

ひまわりの観測バンド



バンド	ひまわり8/9	ひまわり6/7	おもな用途	
1	0.47 μm		エアロゾル	可視
2	0.51 μm		エアロゾル	
3	0.64 μm	0.68 μm	下層雲・霧	
4	0.86 μm		植生、エアロゾル	近赤外
5	1.6 μm		雲相判別	
6	2.3 μm		雲粒有効半径	
7	3.9 μm	3.7 μm	下層雲・霧、自然火災	赤外
8	6.2 μm	6.8 μm	上層水蒸気	
9	6.9 μm		上・中層水蒸気	
10	7.3 μm		中層水蒸気	
11	8.6 μm		雲相判別、SO ₂	
12	9.6 μm		O ₃	
13	10.4 μm	10.8 μm	雲画像、雲頂情報	
14	11.2 μm		雲画像、海面水温	
15	12.4 μm	12.0 μm	雲画像、海面水温	
16	13.3 μm		雲頂高度	

観測バンド数
5→16バンド

膨大なデータを
一つ一つ確認
するのは困難

これを解決するた
めの手法
→のちほどご紹介
するRGB合成画像

衛星観測と画像



- ・ 気象衛星が観測しているもの
 - ・ 地表面や雲からの**太陽光の反射量** (可視画像)
 - ・ 地表面や雲および大気から出される**放射量** (赤外画像)
 - ・ 雲を透過する下層の**放射量** (赤外画像及び可視画像)
(雲を黒体と仮定すると透過量は0)
 - ・ 物体からの放射は(温度に依存する黒体放射 × 射出率)で決まる。**射出率、反射率、透過率、大気等による吸収率は、波長によって、また地表面や雲の状態によって変化する。**
- ・ 衛星画像は...

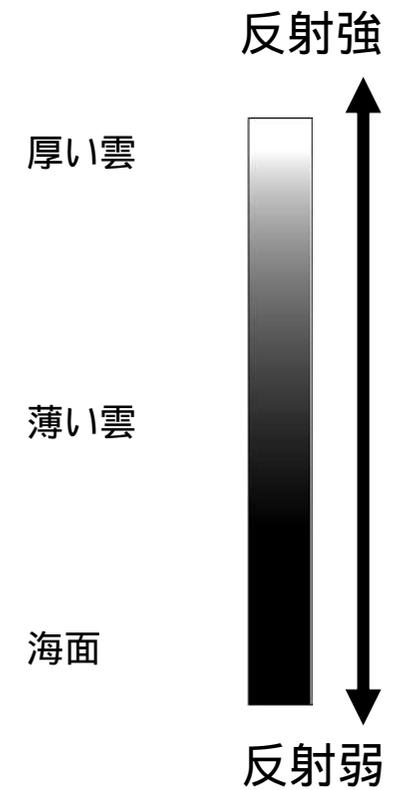
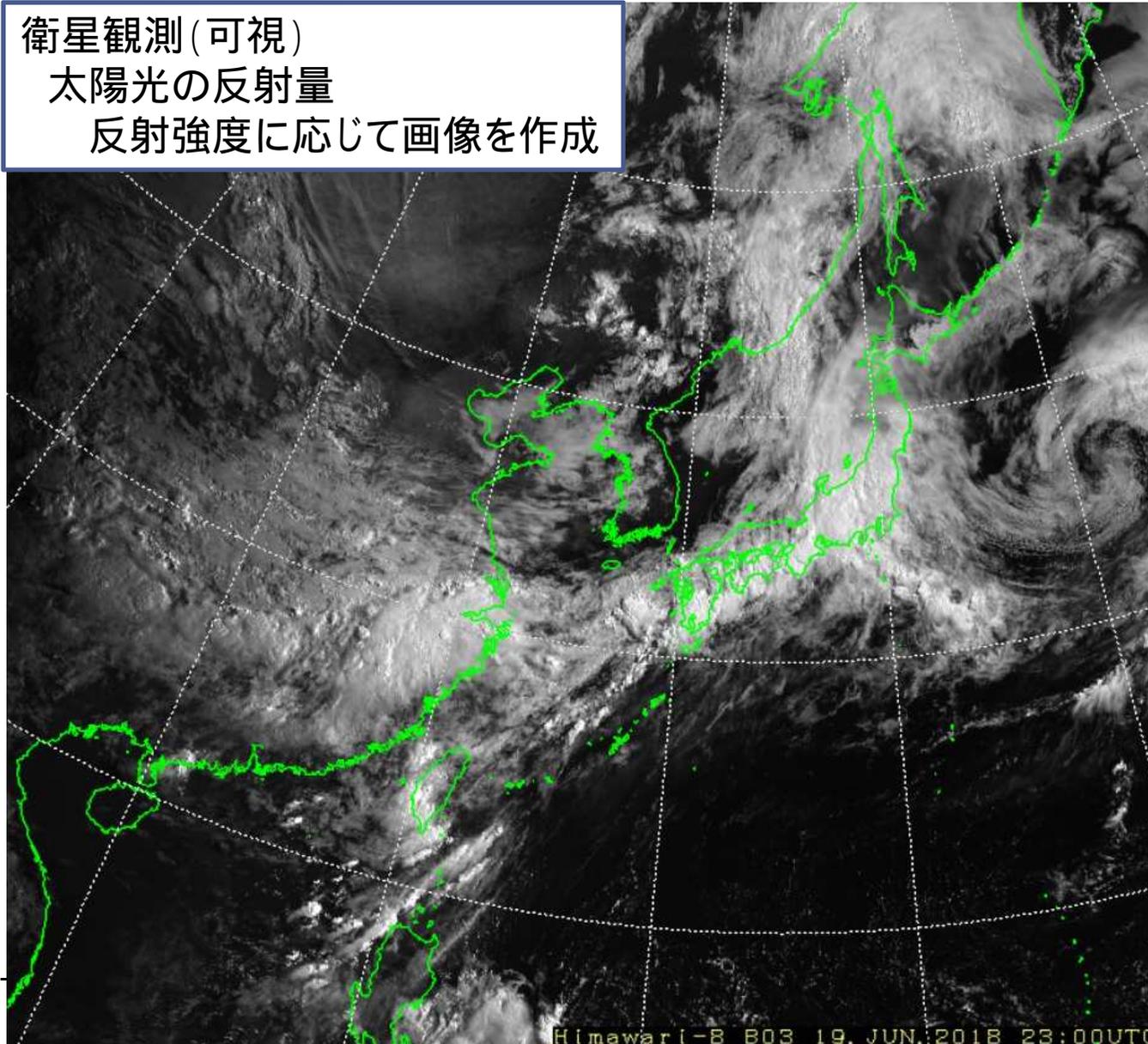
衛星からは上記のような物理量が直接得られるわけではない。

衛星に搭載されたセンサー (AHI) が観測した地球 (等) からの放射が電気信号として出力され、様々な処理 (位置合わせ、校正) を経て算出された値を画像化したもの。

可視 (B03, 0.64 μ m) 画像



衛星観測(可視)
太陽光の反射量
反射強度に応じて画像を作成

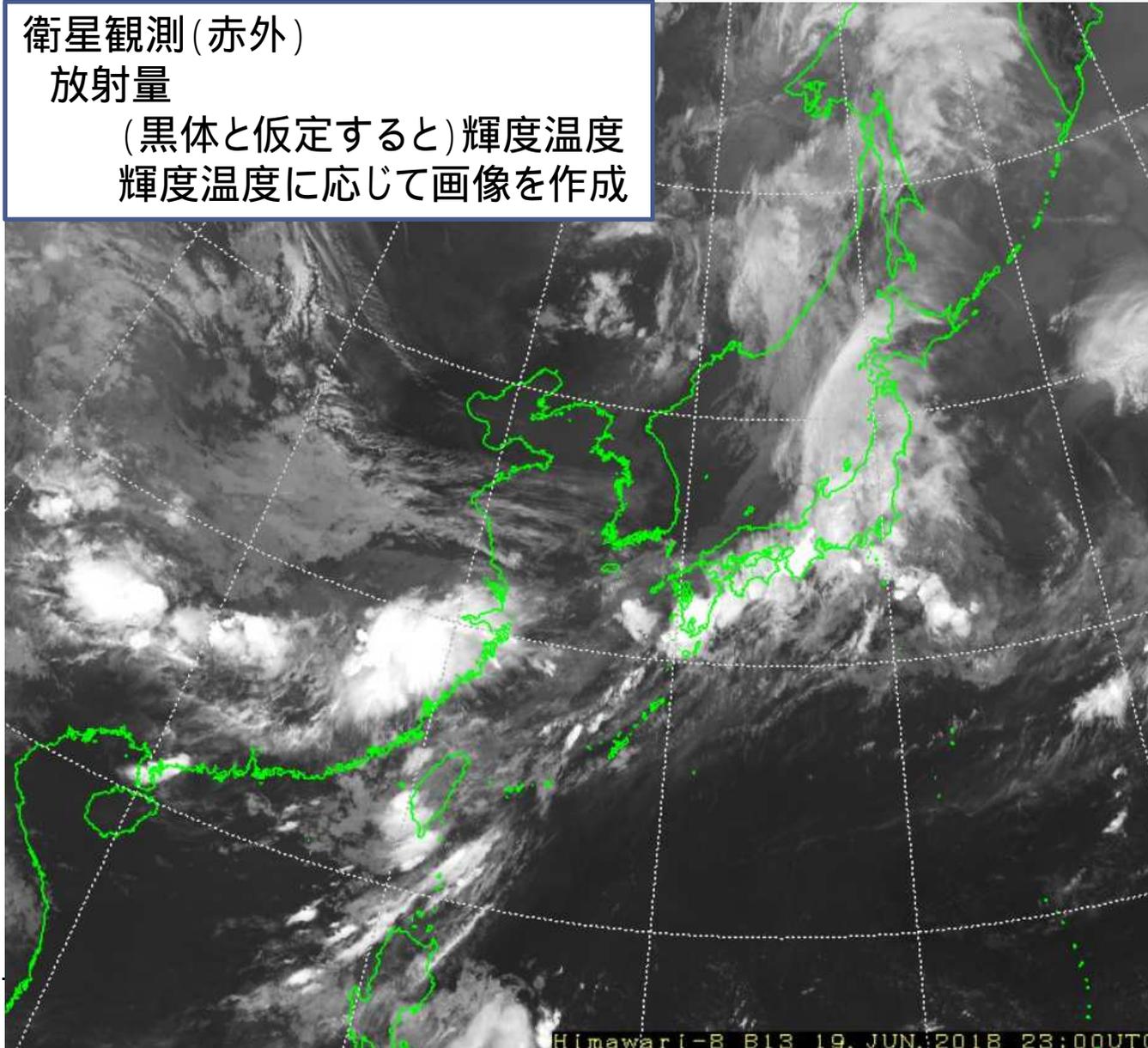


赤外 (B13, 10.4 μm) 画像



衛星観測(赤外)
放射量

(黒体と仮定すると)輝度温度
輝度温度に応じて画像を作成



輝度温度低

上層の雲

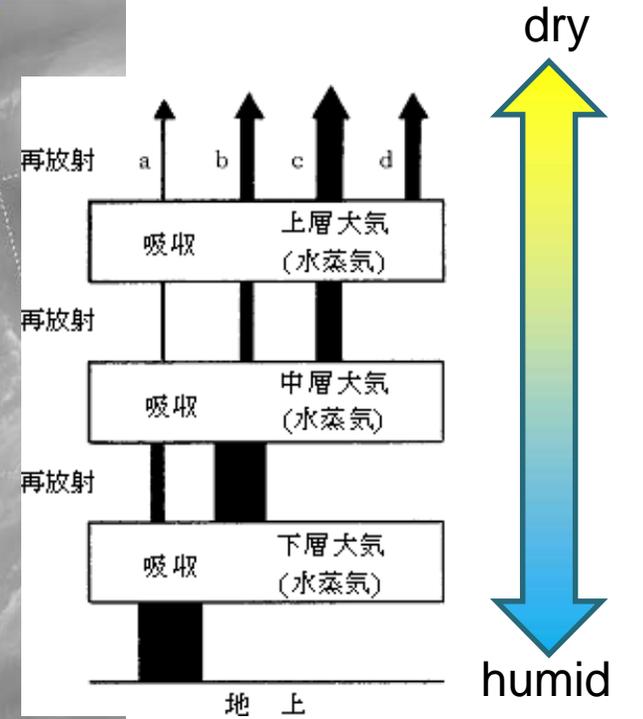
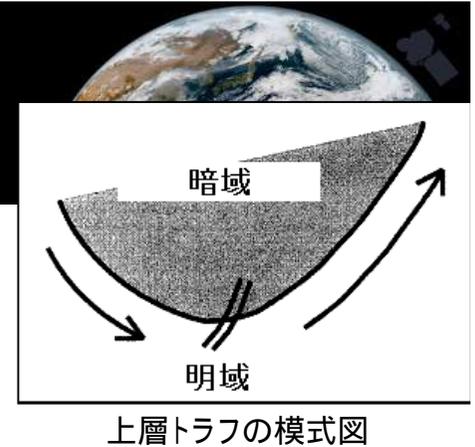
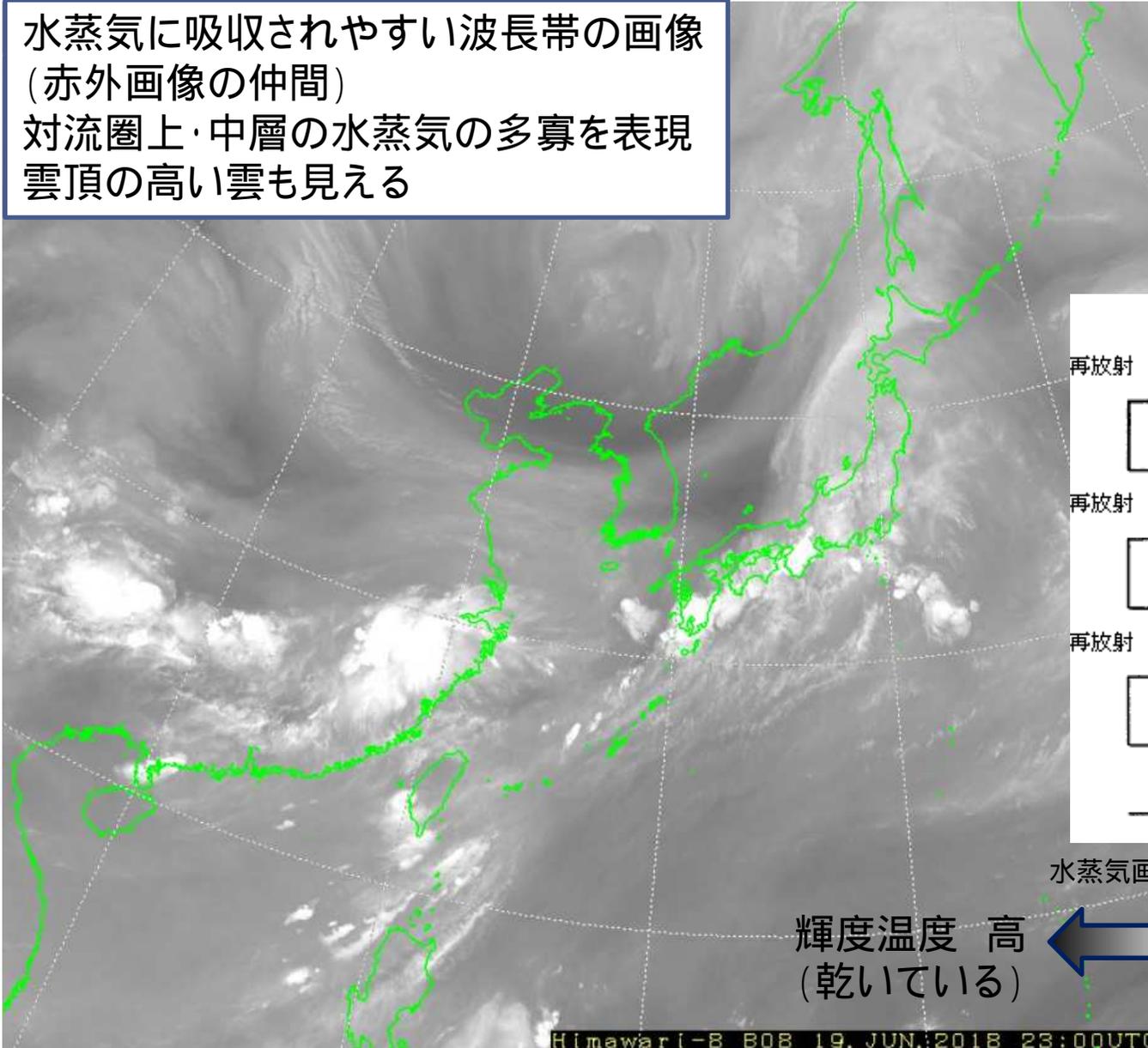
中層の雲

下層の雲

輝度温度高

水蒸気(B08: 6.2 μm)画像

水蒸気に吸収されやすい波長帯の画像
(赤外画像の仲間)
対流圏上・中層の水蒸気の多寡を表現
雲頂の高い雲も見える



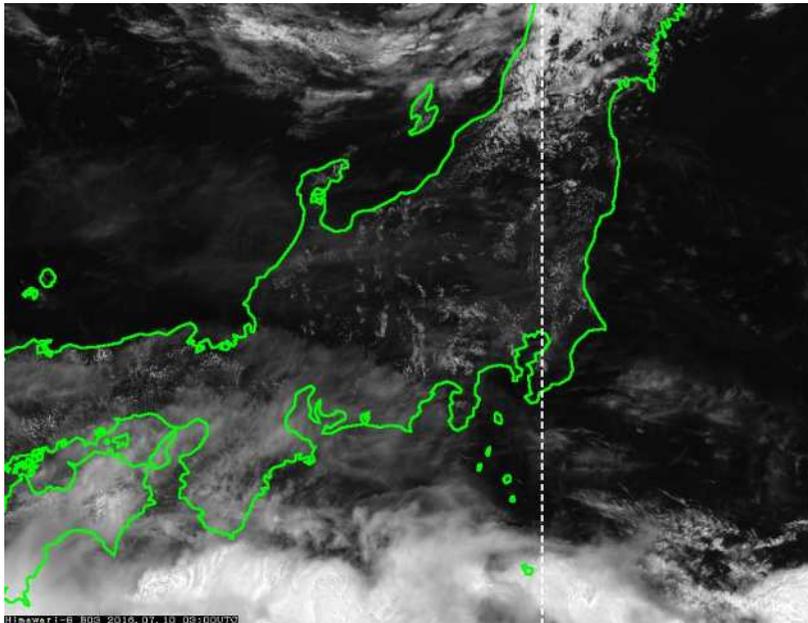
水蒸気画像における放射の概念図 (岸本, 1997)

輝度温度 高 (乾いている) ← → 輝度温度 低 (湿っている)

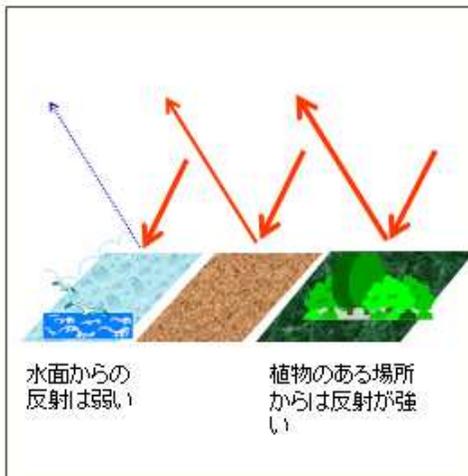
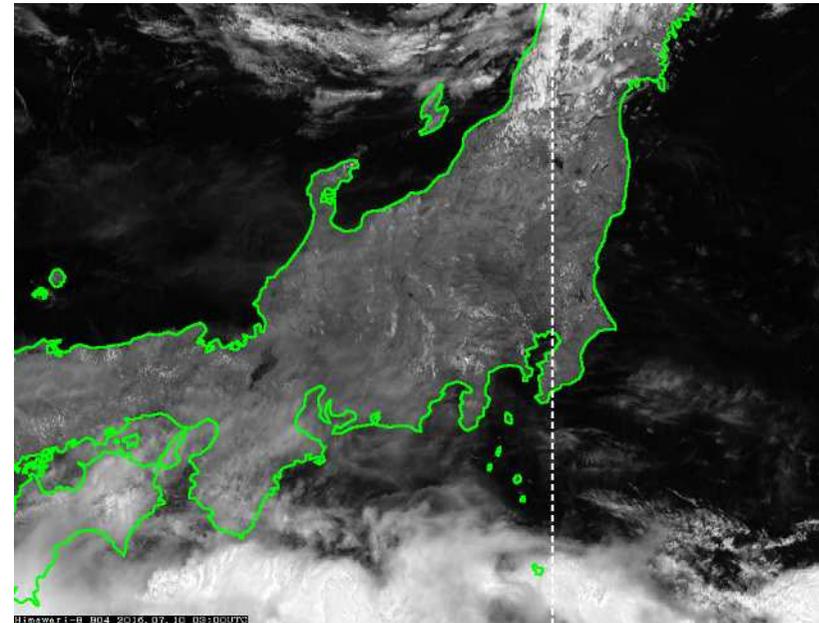
近赤外 (B04, 0.86 μm) 画像



B03 (0.64 μm) 画像



B04 (0.86 μm) 画像



B04 (0.86 μm) は植生からの反射が強い。

植生による反射特性の違い

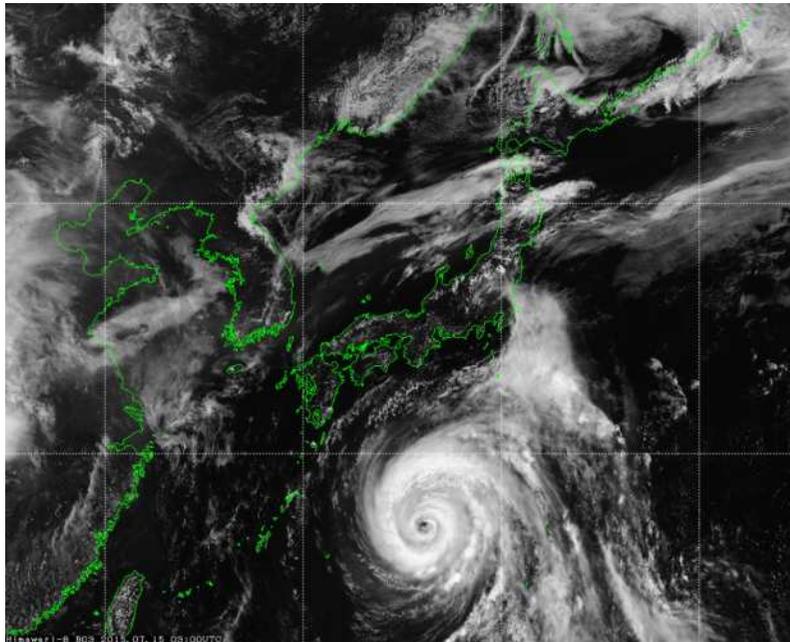
B03 (0.64 μm) 付近の波長では、植物のある場所に反応するわけではない。
(海面との差は分かりにくい。)

B04 (0.86 μm) 付近の波長では、植物のある場所からの反射が強い。
(海面との差がはっきり判別できる。)

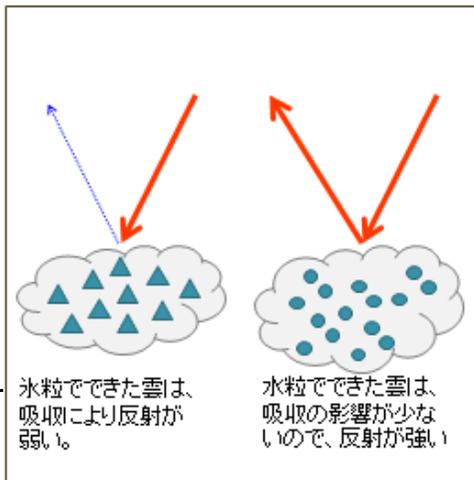
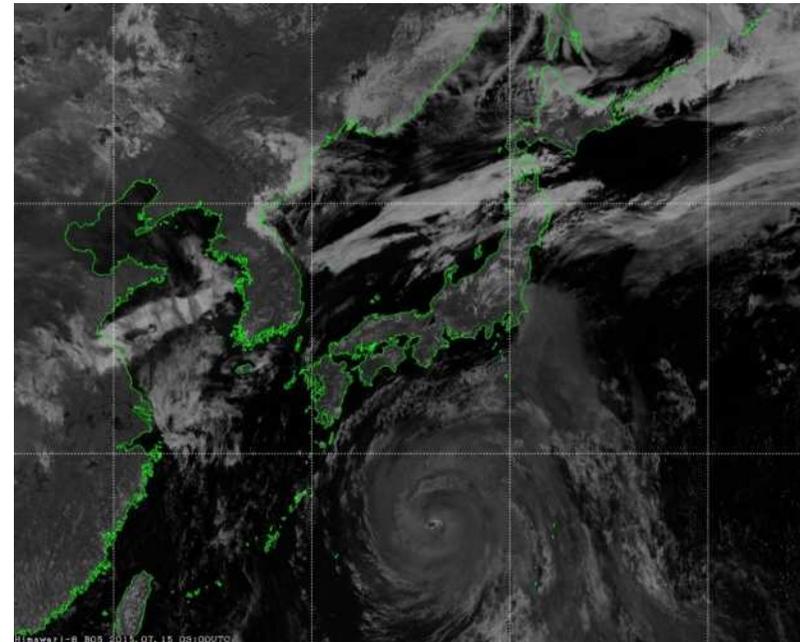
近赤外 (B05, 1.6 μm) 画像



B03 (0.64 μm) 画像



B05 (1.6 μm) 画像



B05 (1.6 μm) は氷からの反射が弱い。(氷による吸収)

水と氷の特性の違い

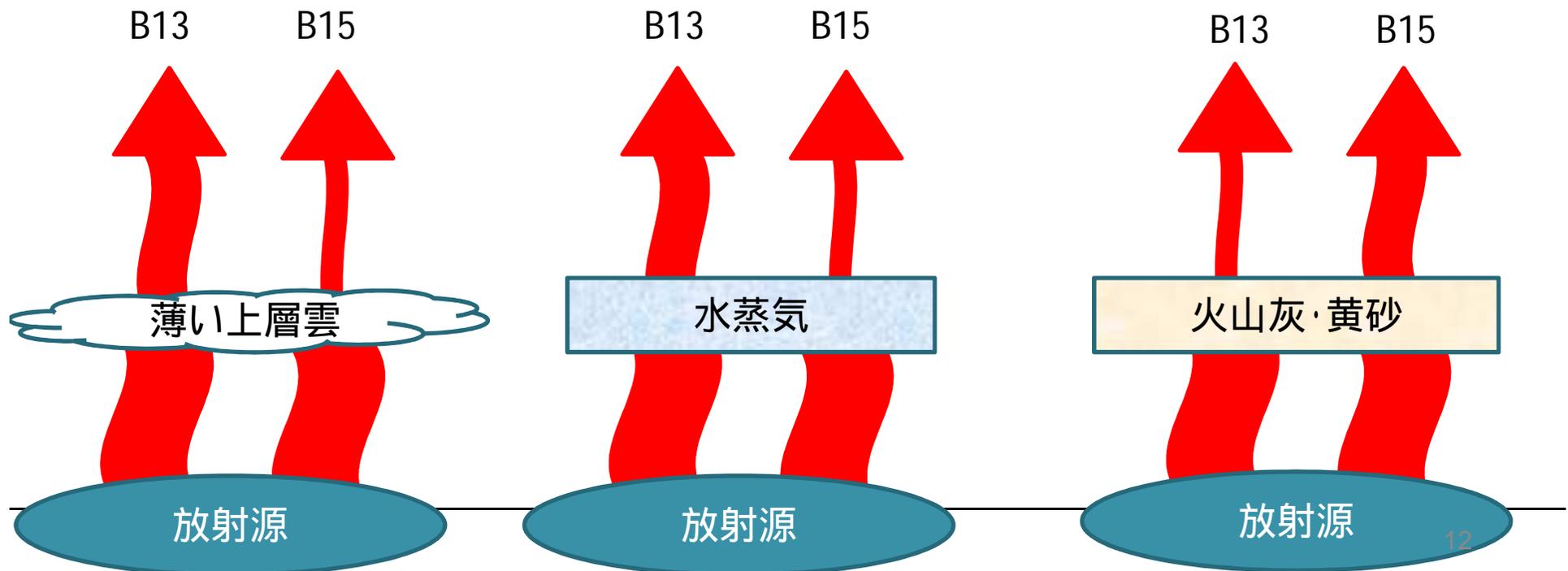
B03 (0.64 μm) 付近の波長では、水も氷も、ほとんど電磁波(光)を吸収しない。

B05 (1.6 μm) 付近の波長では、氷は電磁波(近赤外線)を吸収する。

B13とB15の赤外差分画像



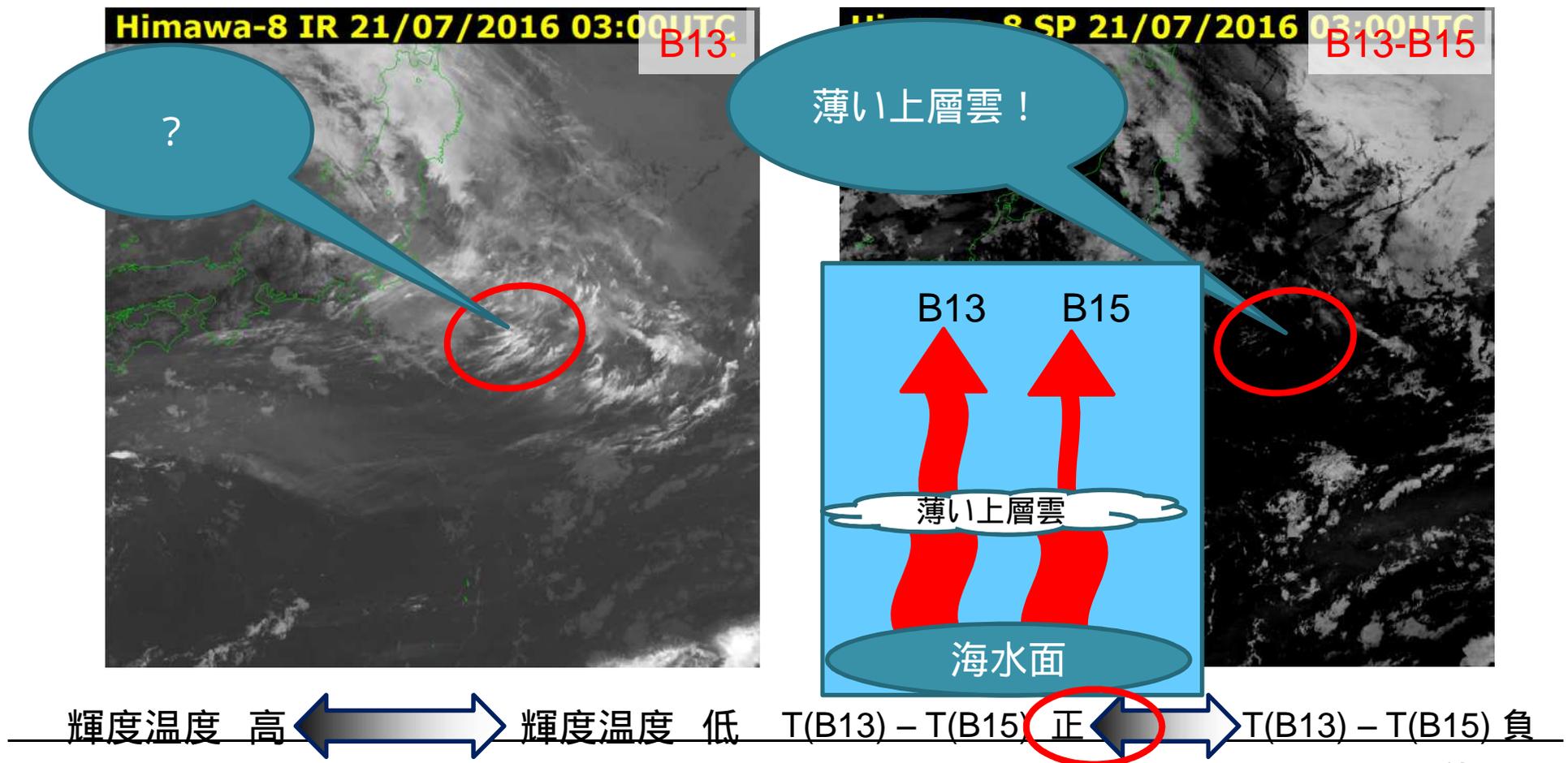
- B13とB15の観測値に異なる影響を与えるものの存在を示唆。
たとえば…
 - 薄い上層雲
 - 水蒸気
 - 火山灰・黄砂





B13とB15の赤外差分画像

- B13の輝度温度からB15の輝度温度を引いて画像化

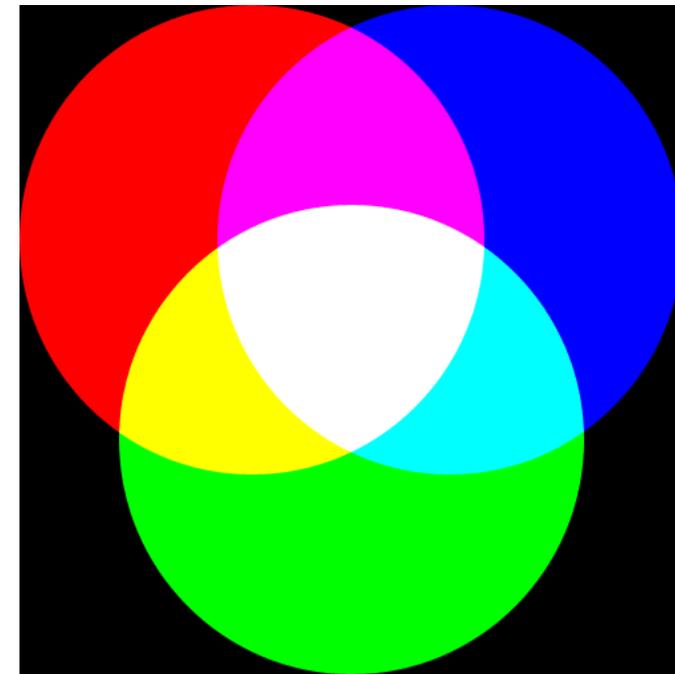


RGB合成画像について



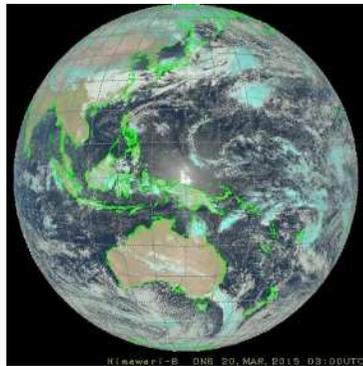
- バンド数の増加
1枚ごとの画像確認が困難
- RGB合成画像は複数バンドの情報を
1枚の画像に取り込む手法
- 光の三原色である赤(R)、緑(G)、青(B)に
画像(差分画像含む)を割り当てて、合成(加法混色)
- 合成画像の「色調」から、対応する雲域(下層雲、
上層雲、積乱雲など)や現象等(黄砂・火山灰、植
生、積雪など)を簡単に識別できる
- 静止気象衛星では主に欧州(・米国)で開発
 - ひまわり8・9号含む新世代気象衛星以前から
欧州衛星(MSG)は12バンド搭載
 - 世界共通の画像作成設定(レシピ)

RGBと光の三原色

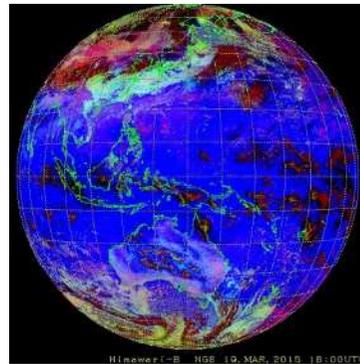




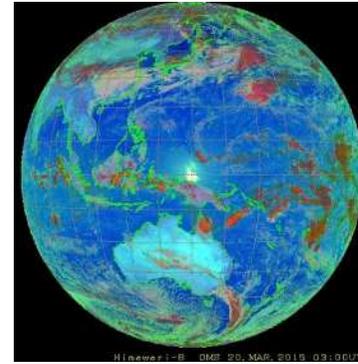
代表的なRGB合成画像



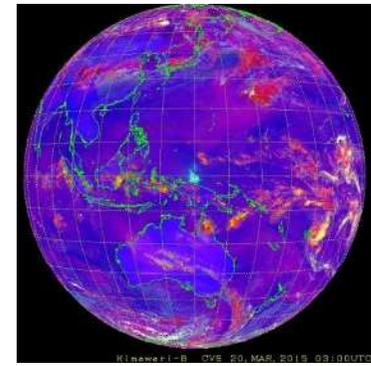
日中自然色
(Natural Colors)



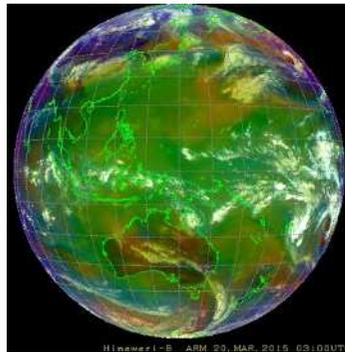
夜間雲判別
(Night Microphysics)



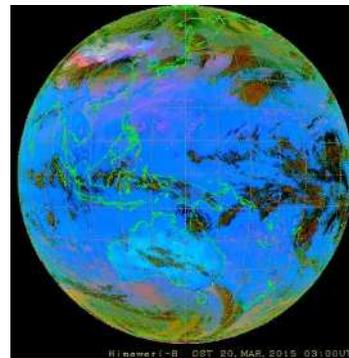
日中雲判別
(Day Microphysics)



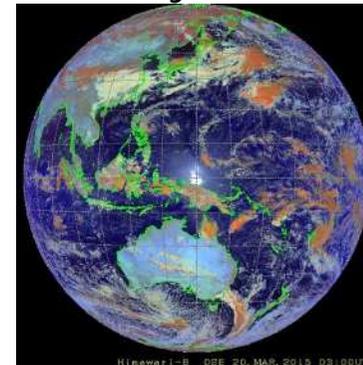
対流雲
(Day Convective Storms)



気団判別
(Airmass)

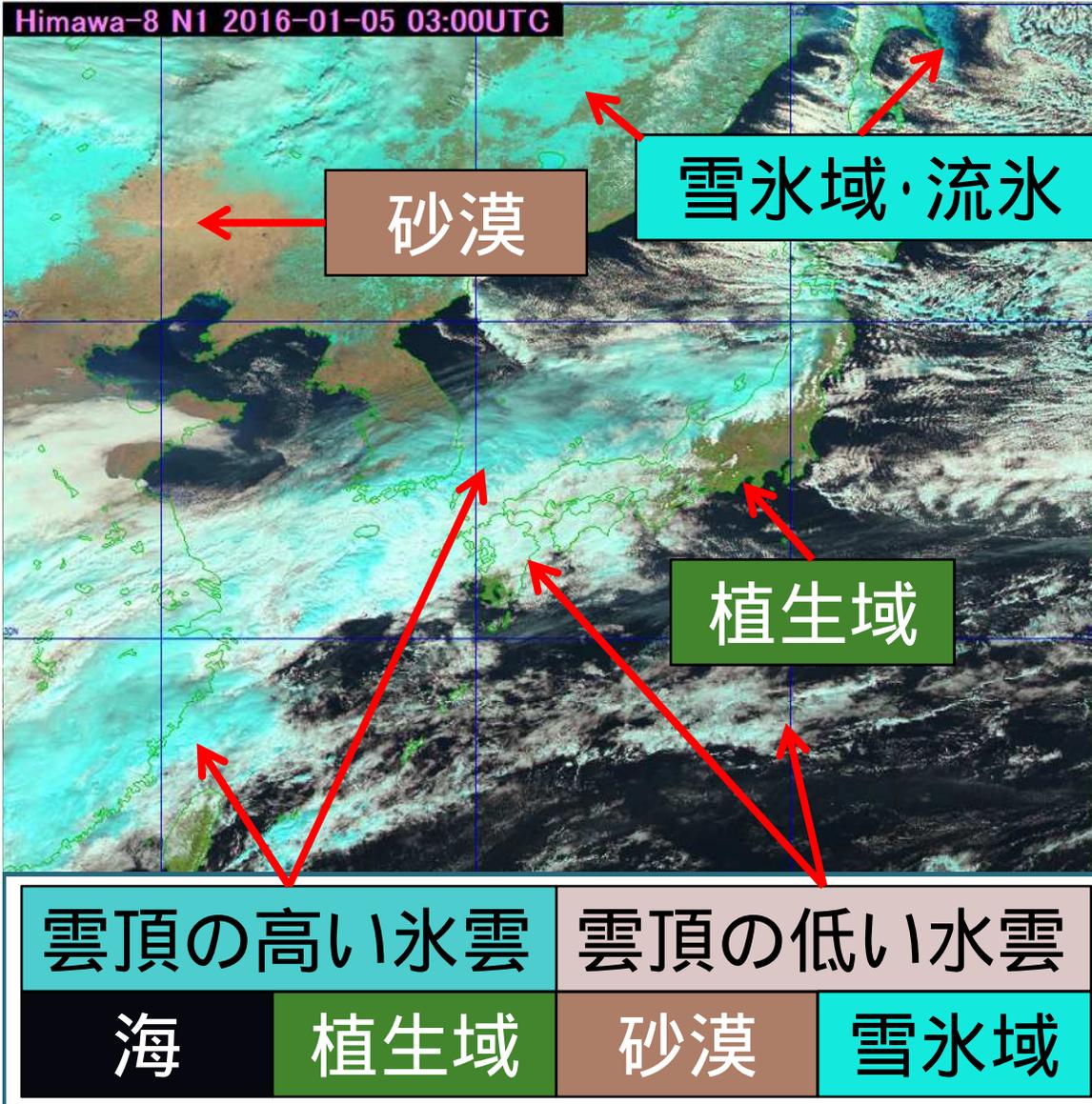


ダスト (Dust)



日中雪・霧
(Day Snow-Fog)

Natural color (日中自然色) RGB



R : B05(近赤外1.6 μ m)
G : B04(近赤外0.86 μ m)
B : B03(0.64 μ m)

水と氷で反射特性が異なる近赤外バンド(1.6 μ m)を用いているため水雲・氷雲の識別が可能

近赤外バンド(0.86 μ m)が植物のクロロフィルに反応するため植生域の識別が可能

Night microphysics (夜雲解析) RGB

R : B15(赤外12.4 μ m)-B13(赤外10.4 μ m)
G : B13(赤外10.4 μ m)-B07(赤外3.9 μ m)
B : B13(赤外10.4 μ m)

07-26 15:53UTC

雲頂輝度温度が低い厚い雲域

夜間の霧・下層雲の
監視に用いることが
できるRGB

霧・下層雲

雲頂輝度温度が低い厚い雲域

雲頂の高い厚い雲域

薄い上層雲

厚い中層雲

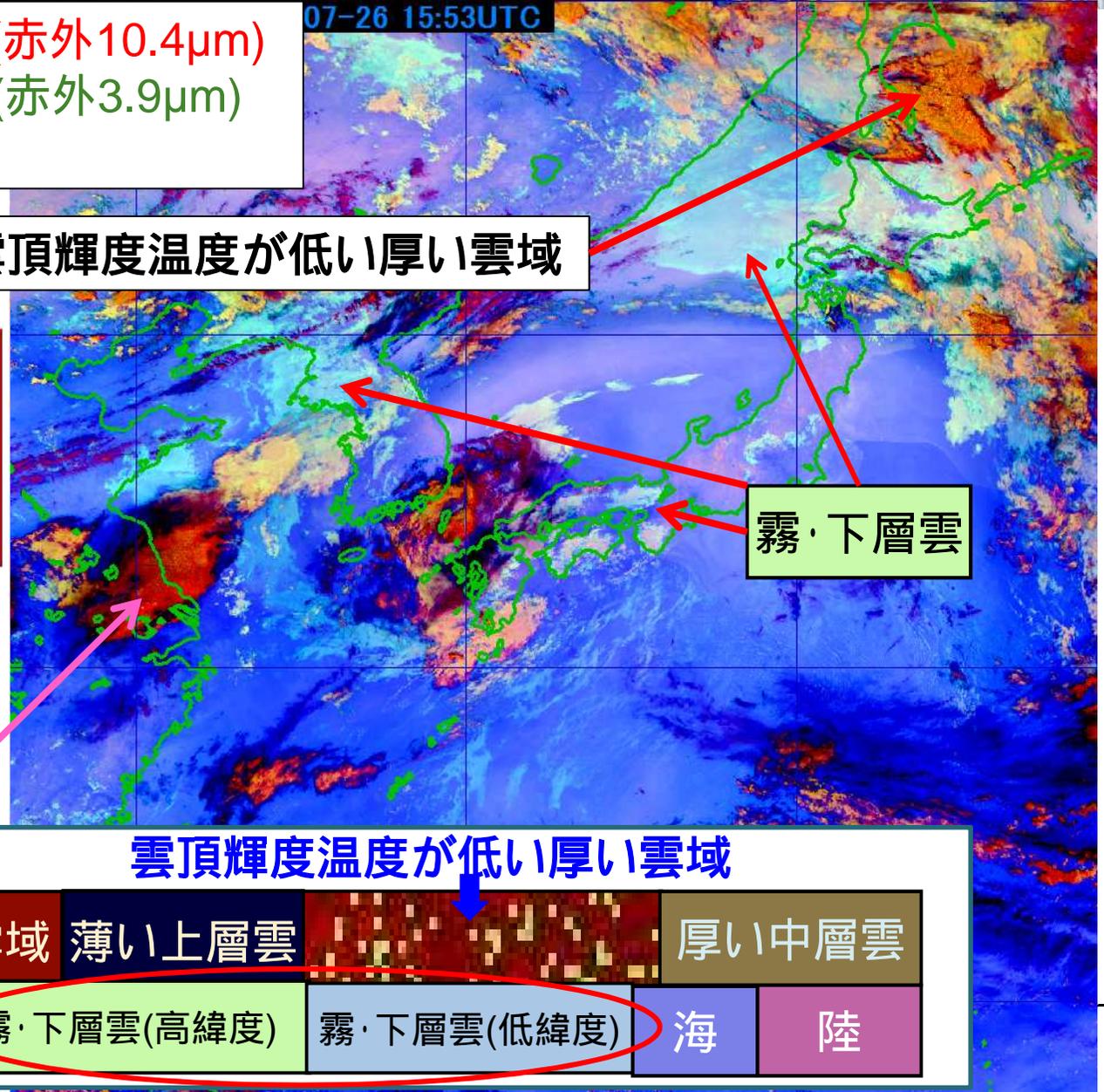
薄い中層雲

霧・下層雲(高緯度)

霧・下層雲(低緯度)

海

陸

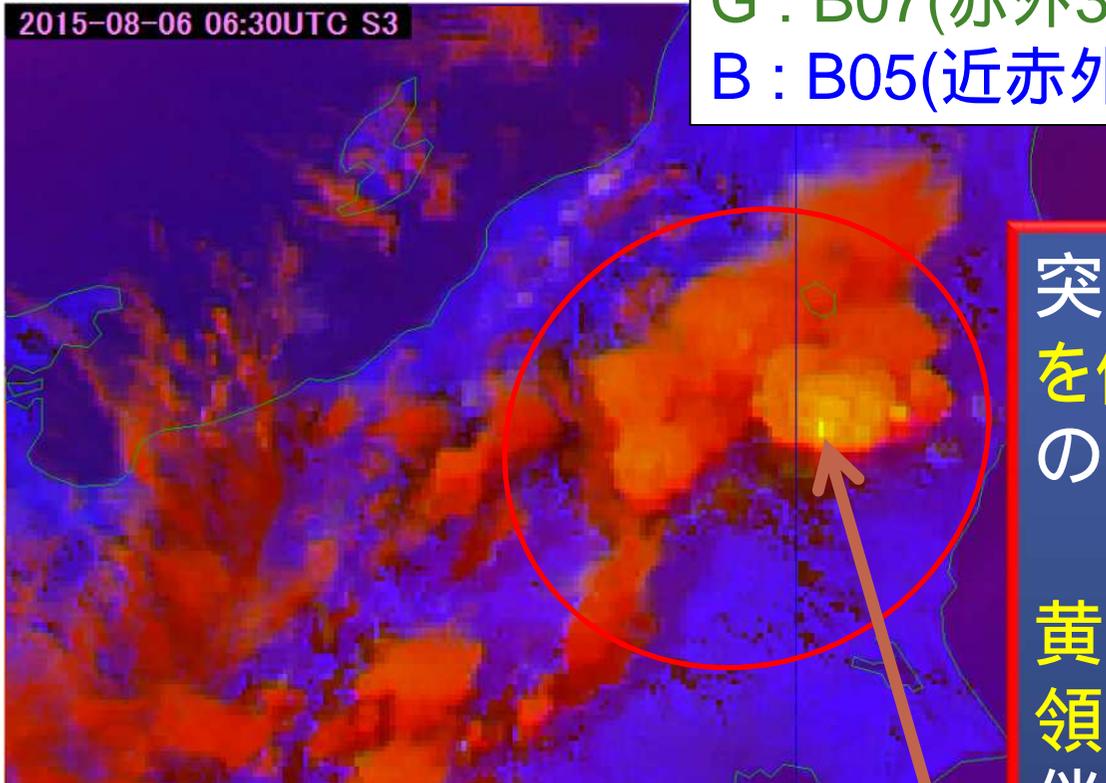




Day Convective Storm (対流雲) RGB

R : B08(水蒸気6.2 μ m)-B10(水蒸気7.3 μ m)
G : B07(赤外3.9 μ m)-B13(赤外10.4 μ m)
B : B05(近赤外1.6 μ m)-B03(可視0.64 μ m)

2015-08-06 06:30UTC S3



突風や竜巻等のシビア現象を伴う対流雲を識別する為のRGB

黄色でちらちらと光っている領域は特にシビアな現象を伴う積乱雲(Cb)を示す

20150806栃木・茨城突風事例

降水を伴う厚い雲	シビア現象を伴うCb	薄い上層雲(氷晶大)	海
		薄い上層雲(氷晶小)	陸



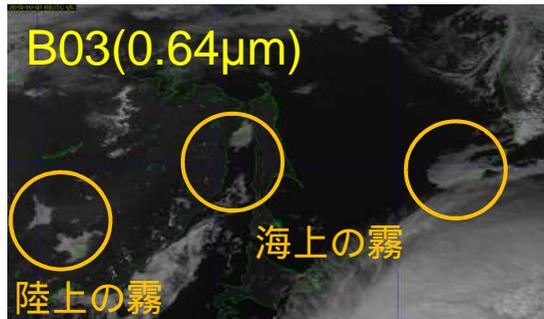
2. 霧・下層雲

各観測バンド画像における霧の見え方(日中)

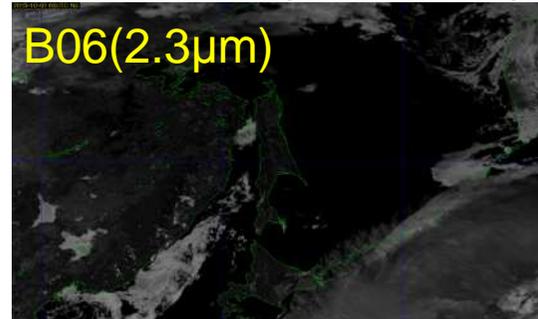
(2015年10月7日 03UTC)



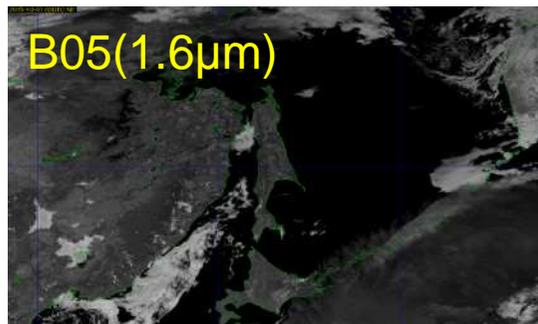
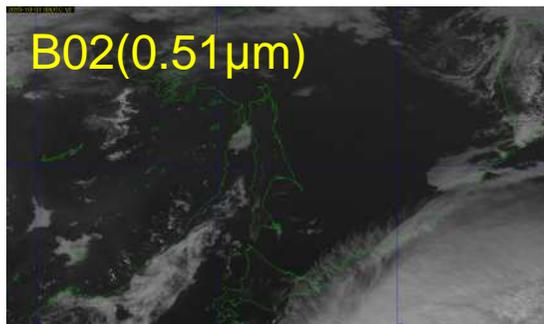
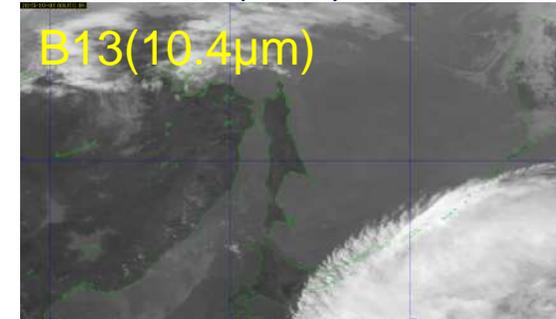
可視画像(B01 ~ B03)



近赤外画像(B04 ~ B06)



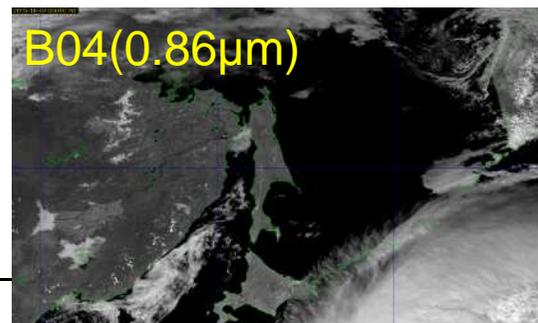
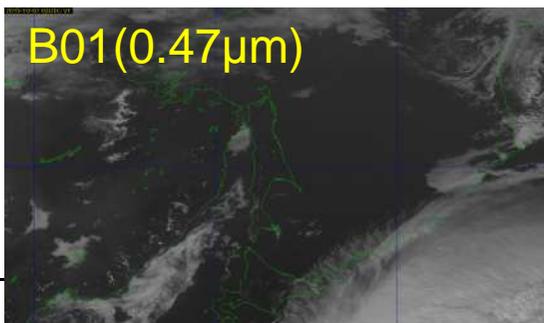
赤外(B13)画像



可視画像、近赤外画像(B04)
・下層の雲域も明るく見える

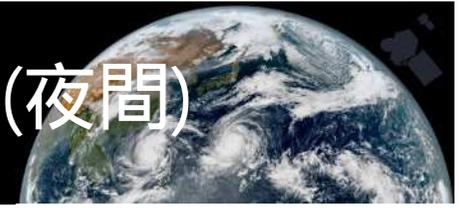
近赤外画像(B05、B06)
・水雲(水滴の粒子から成る雲)は明るく、氷雲は暗く見える

・B06は雲粒子の大きさにも依存、大きいと暗くなる傾向

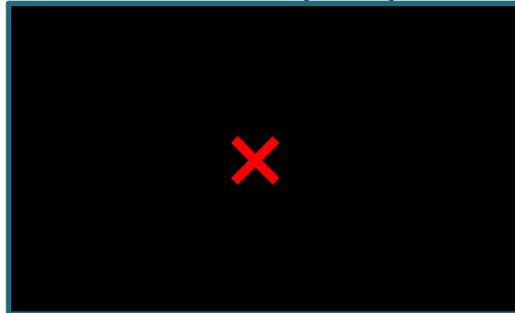


各観測バンド画像における霧の見え方(夜間)

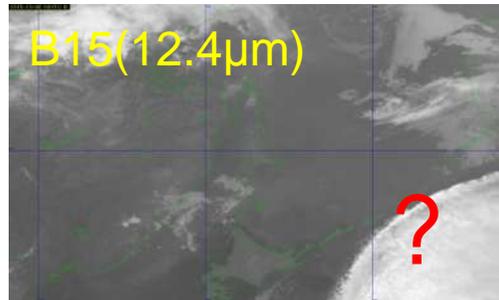
(2015年10月6日 18UTC)



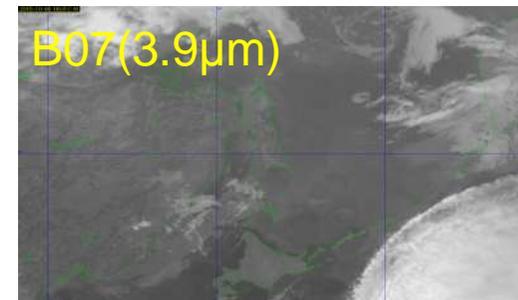
可視画像(B03)



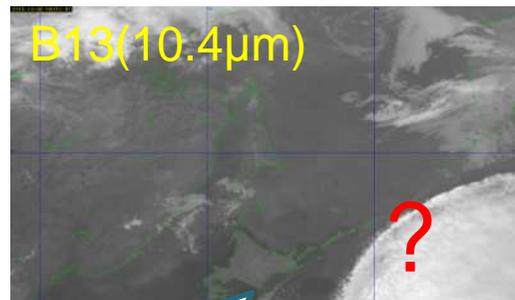
赤外画像(B15)



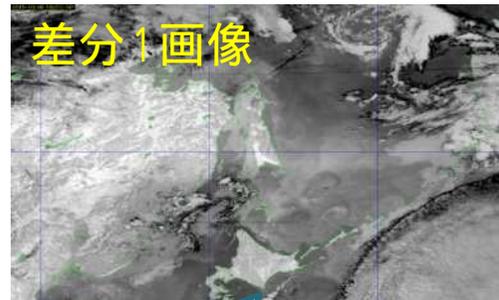
3.9μm画像(B07)



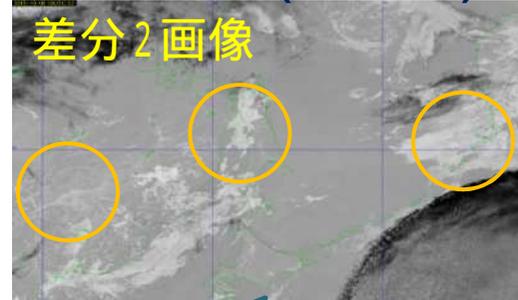
赤外画像(B13, B14, B15)



差分1画像(B13-B15)



差分2画像(B07-B13)



赤外画像(B13,B15)では霧(下層雲)の雲頂の温度と地表面の温度の差が少なく、不明瞭な場合が多い。

差分1画像では、霧や下層雲の差分値はほぼ0となる。一方、晴天域は大気下層の湿りにより、差分値が正の値となるため、霧や下層雲の識別が可能であるが、明瞭ではない。

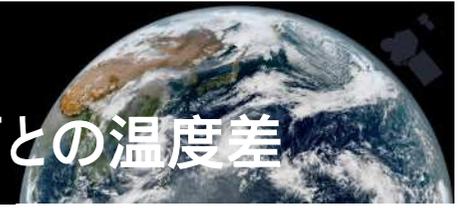
差分2画像(B07 - B13)では、霧が明瞭に識別できる。夜間の霧監視には、差分2画像が有効。

霧域抽出の着目点

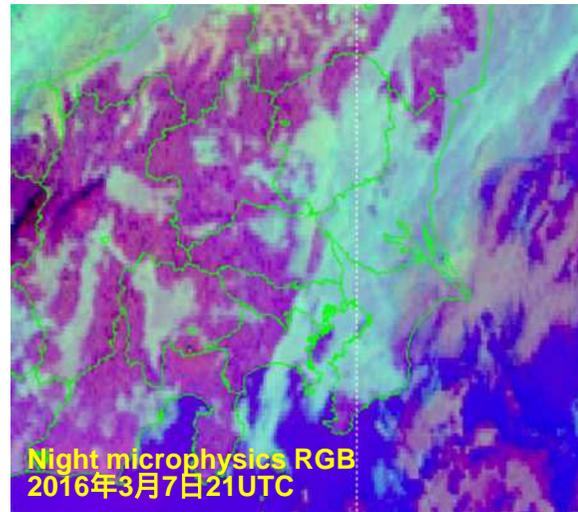
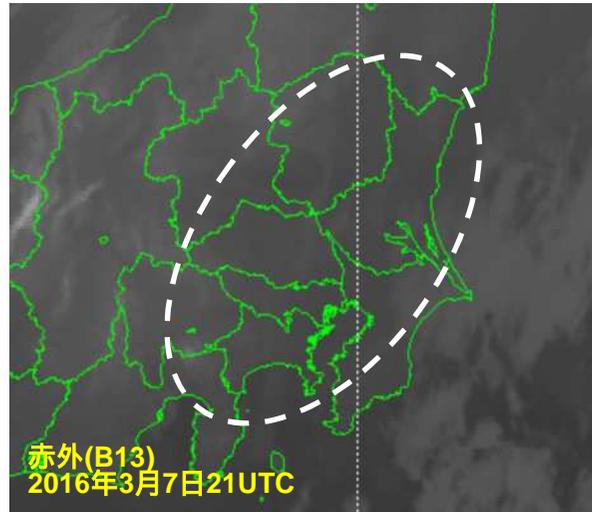


衛星画像のみでは霧と下層雲を識別することは難しいが、以下の点に着目することで霧を含む可能性が高い領域を抽出できる。

赤外画像(B13)における霧域と地表面・海面との温度差
表面の滑らかさ
時間変化



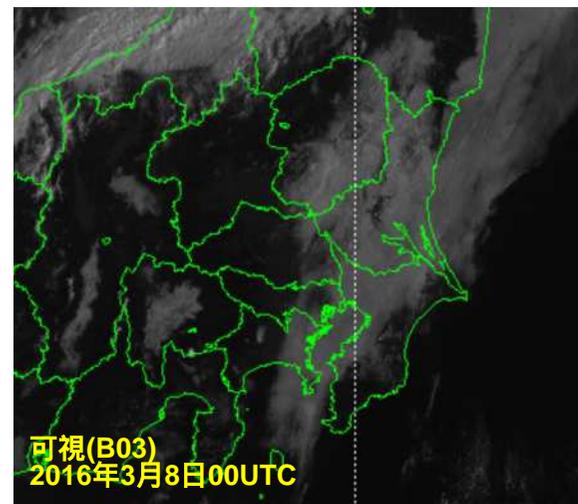
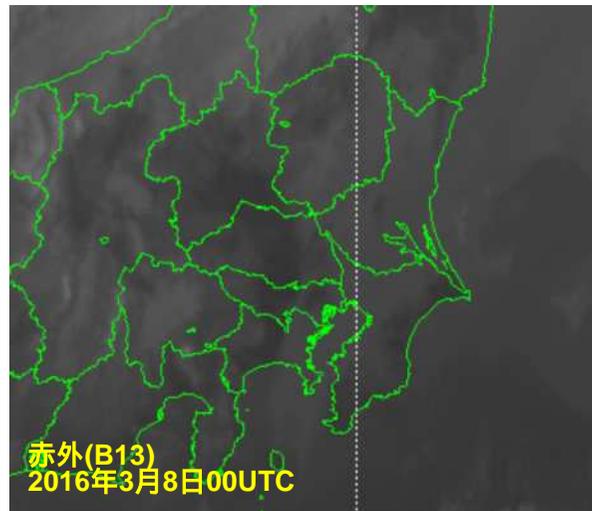
赤外画像B13(10.4 μ m)における霧域と地表面・海面との温度差



霧域は地表面に接しているため、地表面との温度差がほとんどない。輝度温度を見る赤外B13画像では霧域の識別が困難。差分2画像やRGB合成画像では明瞭。

霧・下層雲(高緯度)

霧・下層雲(低緯度)



Night microphysics
(RGB:B13-B15/B07-B13/B13(反転))

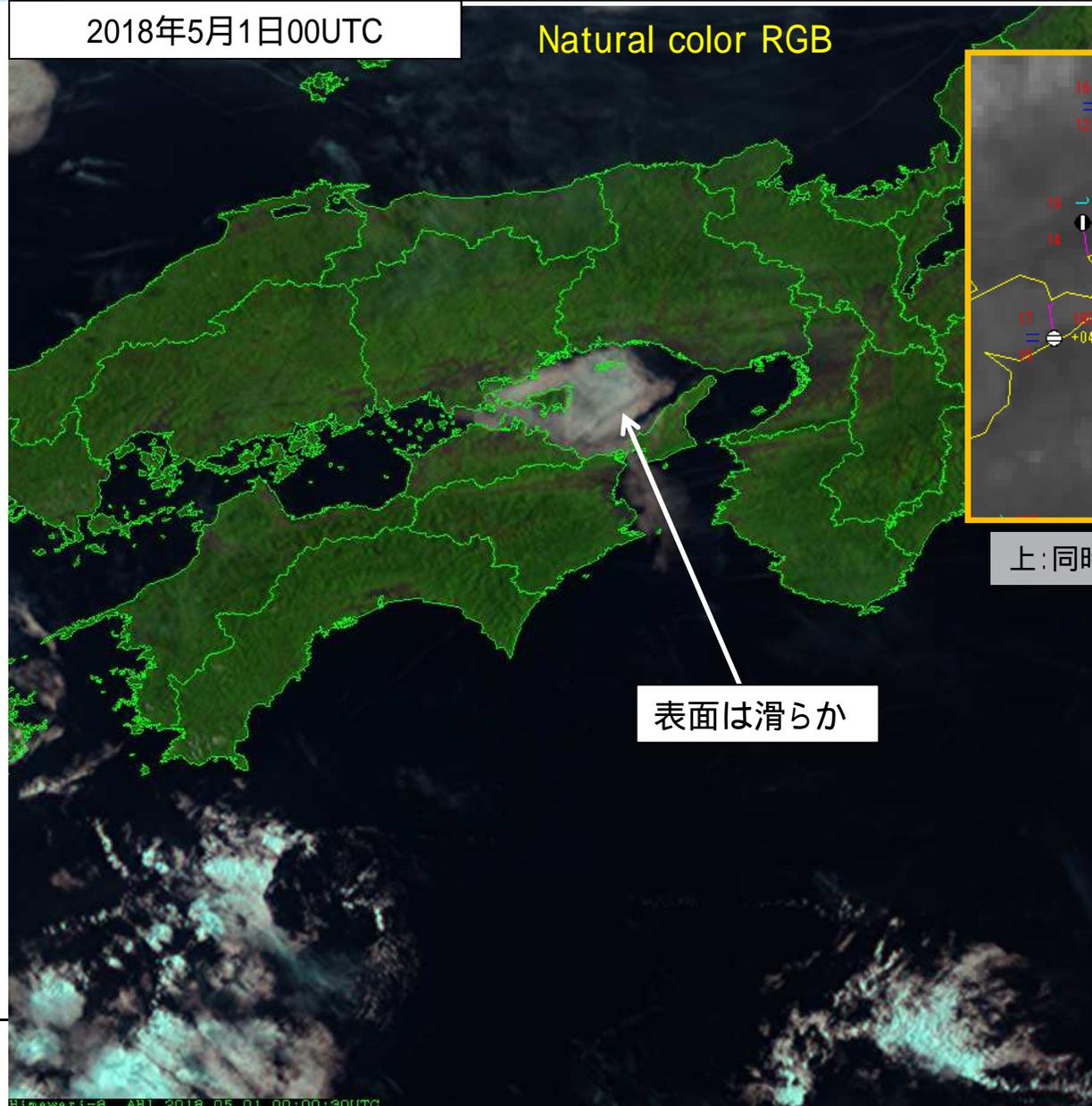
日中になると、地表面の温度が上昇するため、B13でも霧域の縁が見えてくることもあるが、明瞭ではない。



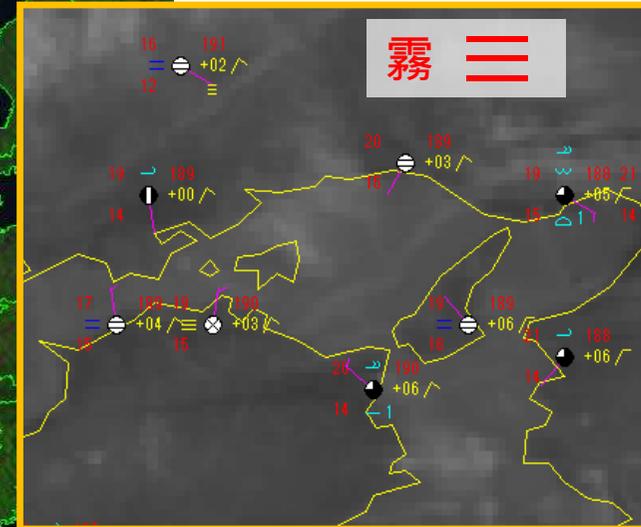
表面の滑らかさや縁の明瞭さ

2018年5月1日00UTC

Natural color RGB



表面は滑らか



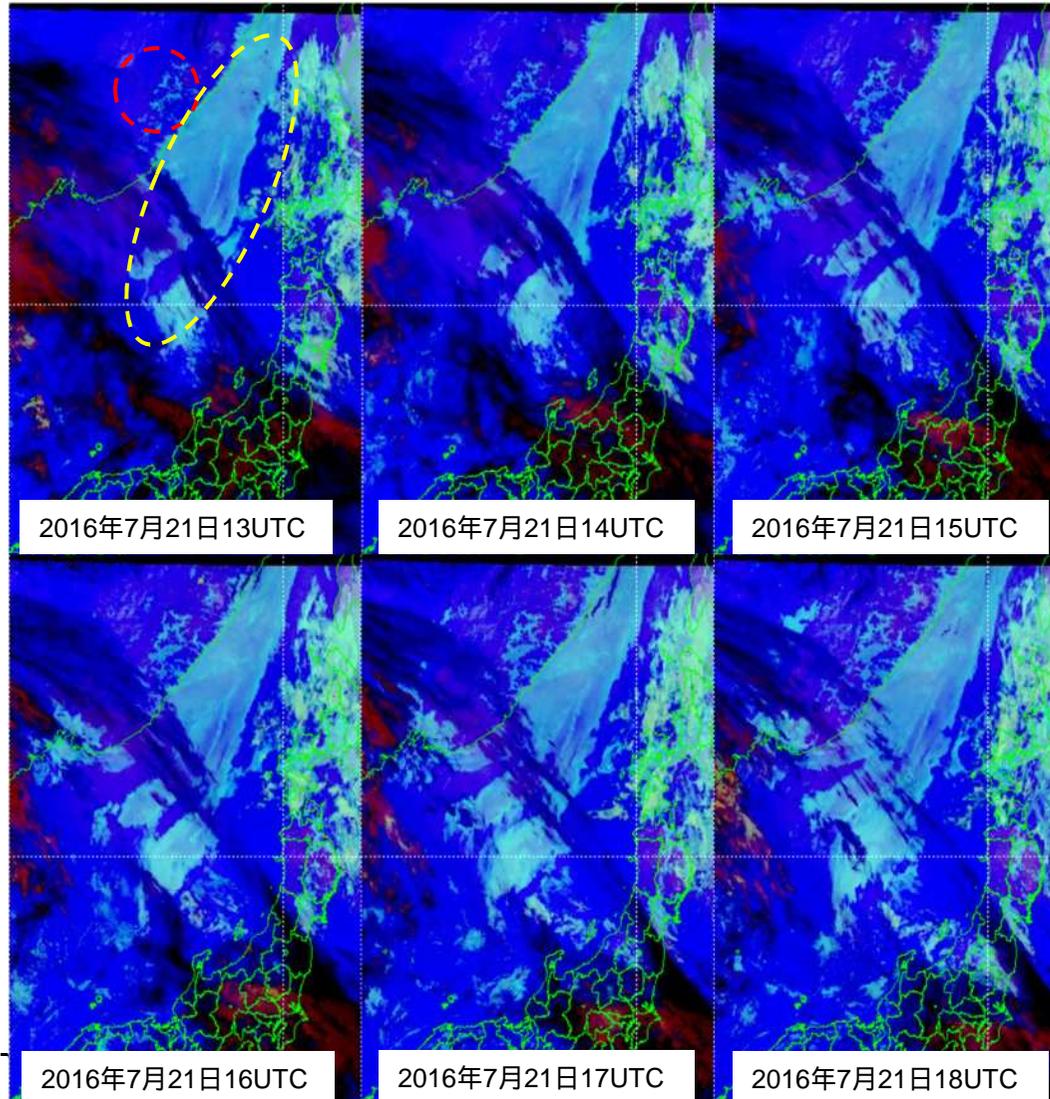
上: 同時刻の赤外画像 (B13) と地上観測

霧域の表面は、逆転層で抑えられ高さが一定で滑らかとなる。

霧域の時間変化



Night Microphysics RGB



霧域の時間変化

- 赤色の破線部では、同じ位置で霧の領域が地形に沿って拡大。放射霧のように見える。
- 黄色の破線部では、下層大気の流れにより霧域も移動する。移流霧と推測できる。
- これら霧域の動きは上層の雲よりも緩やか。

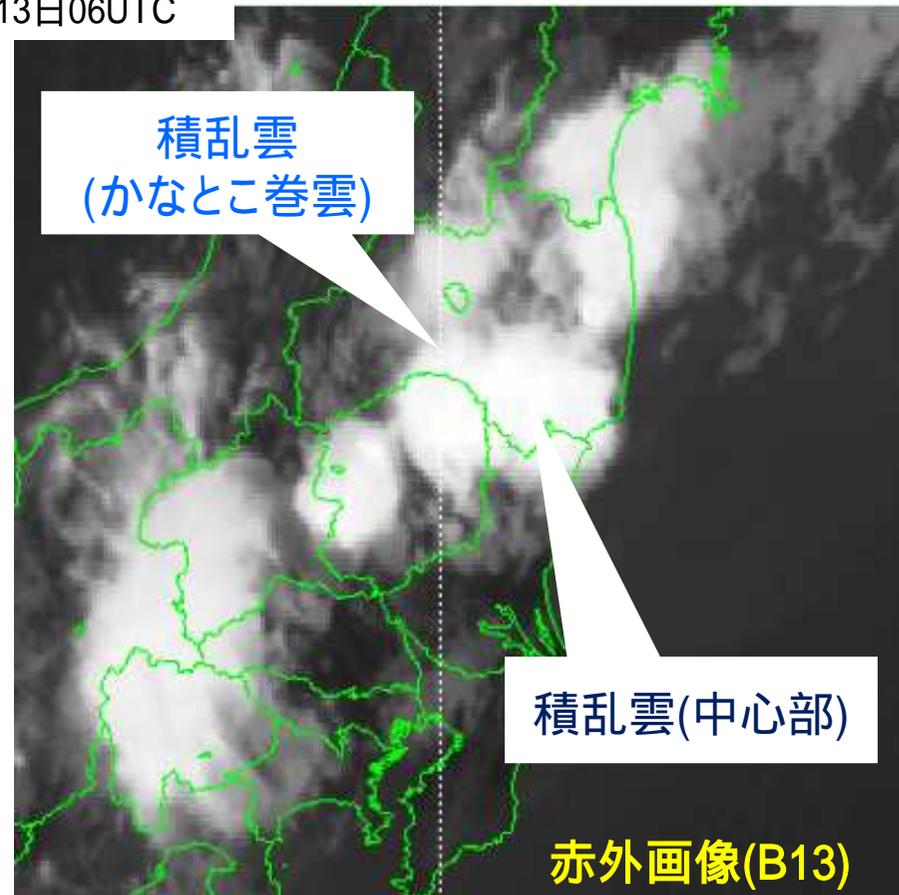
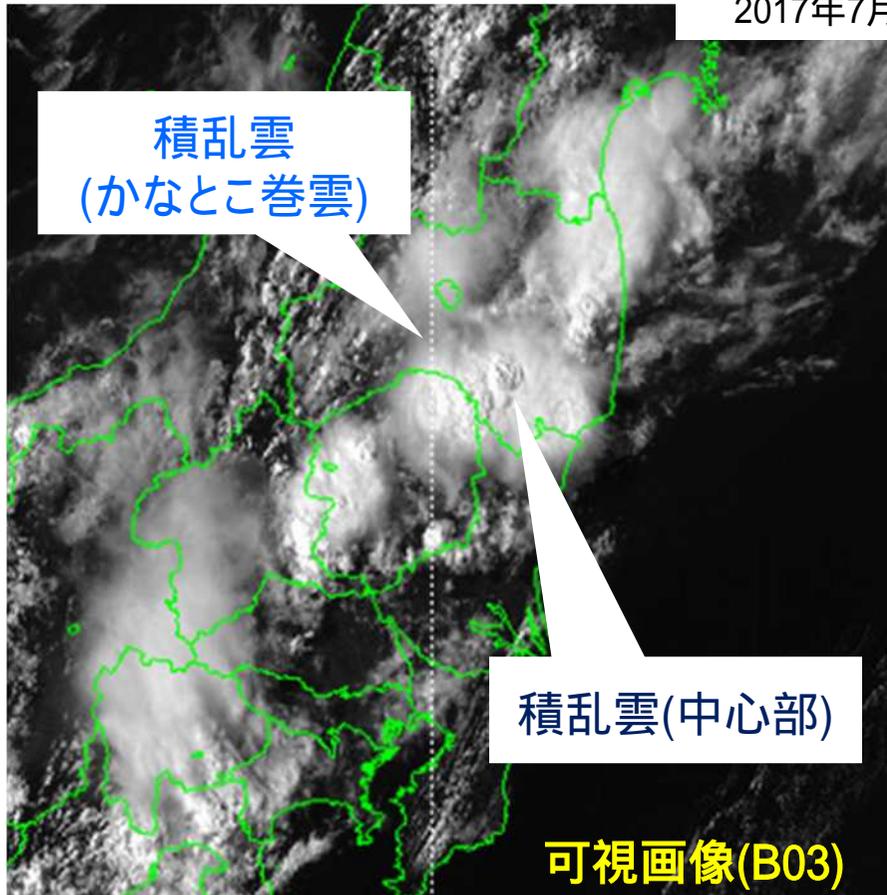


3. 積乱雲

各観測バンド画像における積乱雲の見え方(日中) 可視画像(B03)、赤外画像(B13)



2017年7月13日06UTC



特徴:可視画像では、雲域の大きさや雲頂の凹凸などの詳細な形状やその時間変化を把握する。赤外画像では、雲頂温度(雲頂高度)の変化から、雲域の発達の状況を24時間連続して把握することができる。

RGB合成画像における積乱雲の見え方(日中) Day convective storm RGB合成画像



2017年7月13日06UTC

積乱雲
(かなとこ巻雲)

強い上昇気流を伴う対流
活動の活発な領域

積乱雲(中心部)

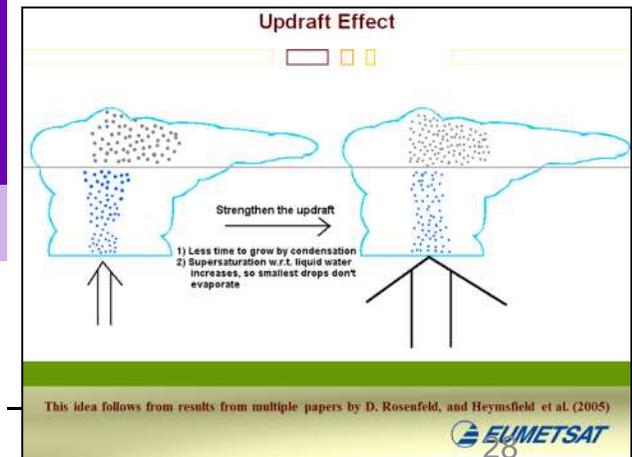
Day convective storm RGB

Day Convective Storms
(RGB:B10-B08/B13-
B07/B03-B05)

特徴: 積乱雲などの厚い雲は赤く表示され、特に強い上昇気流を伴う対流活動の活発な領域は黄色く表示される。

色調解釈

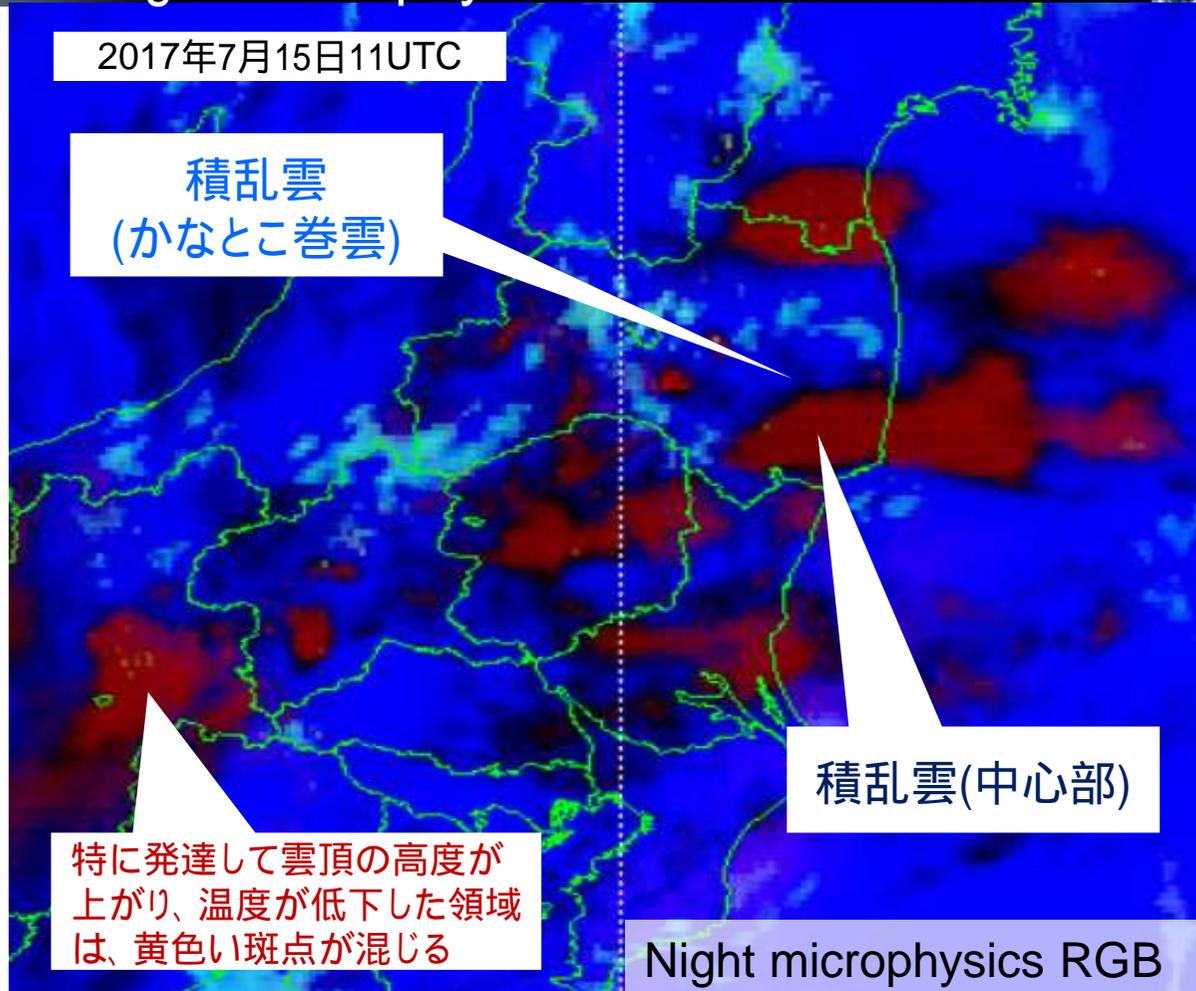
-  降水を伴う厚い雲(強い上昇流とシビアな現象を伴うCb) (降水は必ずしも地上に到達しない)
: 上層雲、大きな氷晶
-  降水を伴う厚い雲(強い上昇流とシビアな現象を伴うCb)
: 上層雲、小さな氷晶 厚く、高い上層雲(地形性の巻雲など)
-  薄い上層雲: 大きな氷晶
-  薄い上層雲: 小さな氷晶
-  海
-  陸



(EUMETSATの説明資料より引用)

RGB合成画像における積乱雲の見え方(夜間)

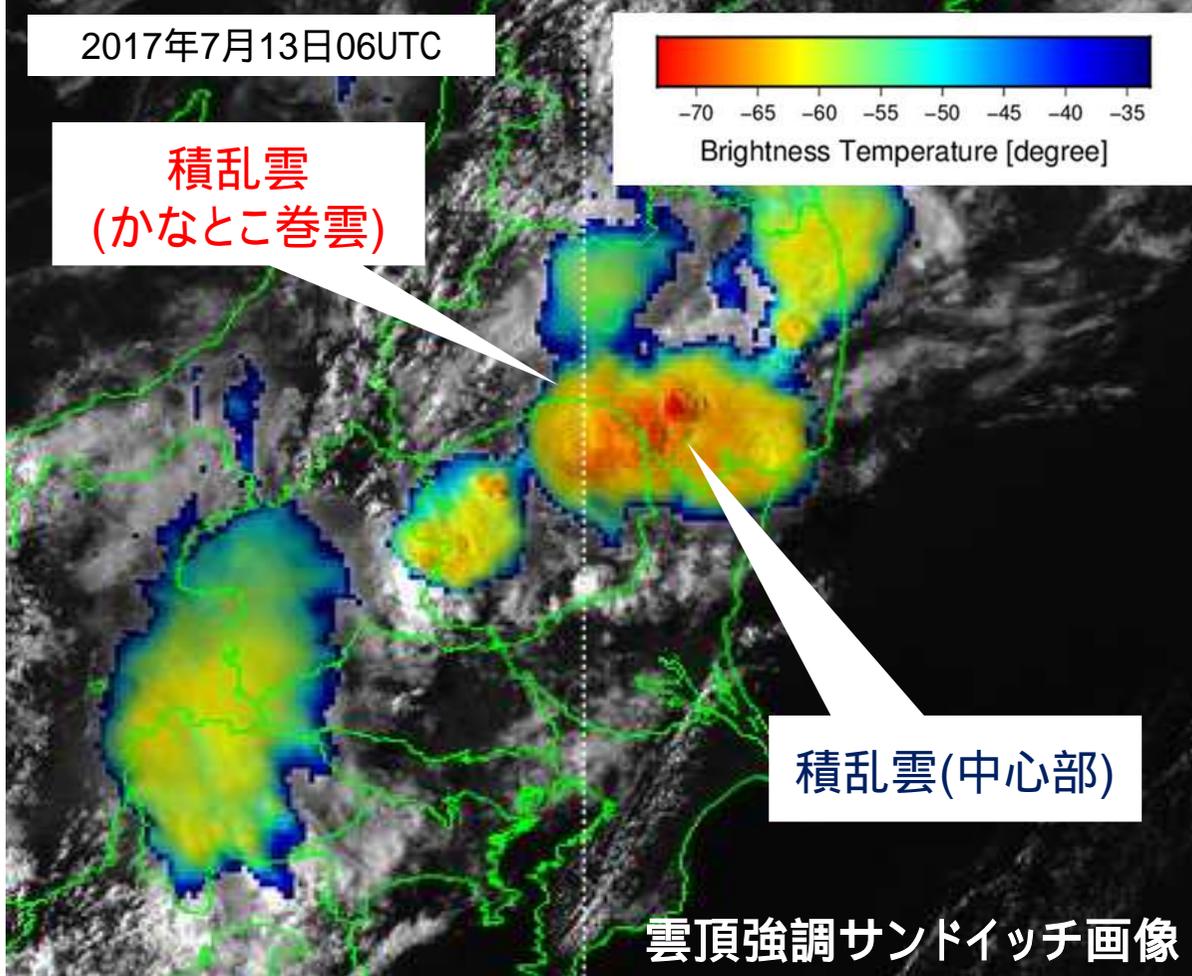
Night microphysics RGB合成画像



Night Microphysics
(RGB:B13-B15/B07-B13/B13(反転))

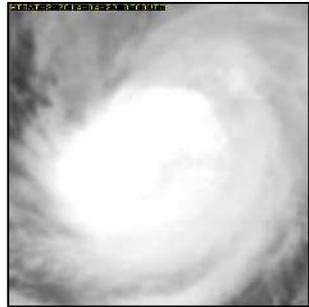
特徴: 積乱雲の中心部の厚い雲域は赤く表示される。特に発達して雲頂高度が上がり、輝度温度が低くなった領域は、赤色の中に黄色い斑点が混じる表示となる。

強調表示された画像における積乱雲の見え方(24時間) 雲頂強調画像 (雲頂強調サンドイッチ画像(日中))



特徴: 雲頂の輝度温度の分布やその変化がカラースケールでわかる。日中の場合は、雲頂輝度温度を示す色の分布やその変化に加えて、可視画像による詳細な形状も同時にわかるため、この画像だけで雲頂の様子が客観的に把握できる。 30
三色の画像を重ね合わせるRGB合成画像とは作成方法が異なる。

雲頂強調サンドイッチ画像(日中)の作成原理

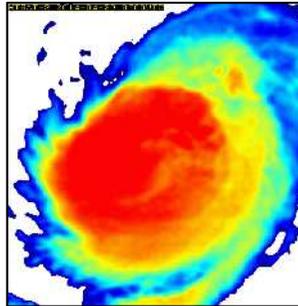


赤外画像 (B13)

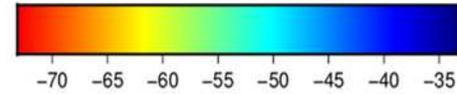
赤外画像(B13)の輝度温度(200K(約-73) ~ 240K(約-33))に対応して、配色図に従い着色する。

可視画像の上に、着色した画像を、半透明にして、重ね合わせて合成する。
(雲頂強調サンドイッチ画像)

夜間は可視画像の代わりに赤外画像(B13)を重ねる(雲頂強調画像)。

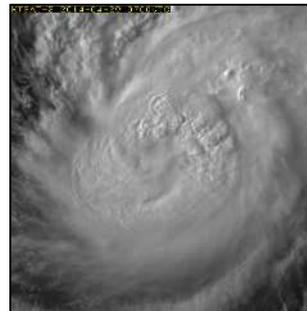


着色した画像

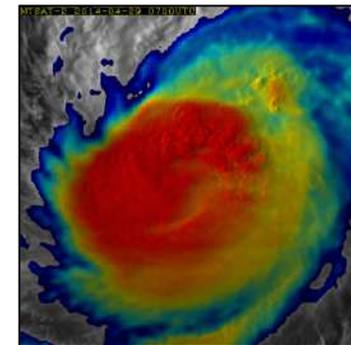


Brightness Temperature [degree]

雲頂強調画像の配色図



可視画像 (B03)



雲頂強調
サンドイッチ画像

雲頂強調サンドイッチ画像は、可視画像(B03)による詳細な形状と、赤外画像(B13)の輝度温度(雲頂高度)を示す色の分布が同時にわかる。

Meteorological Satellite Center (MSC) of JMA

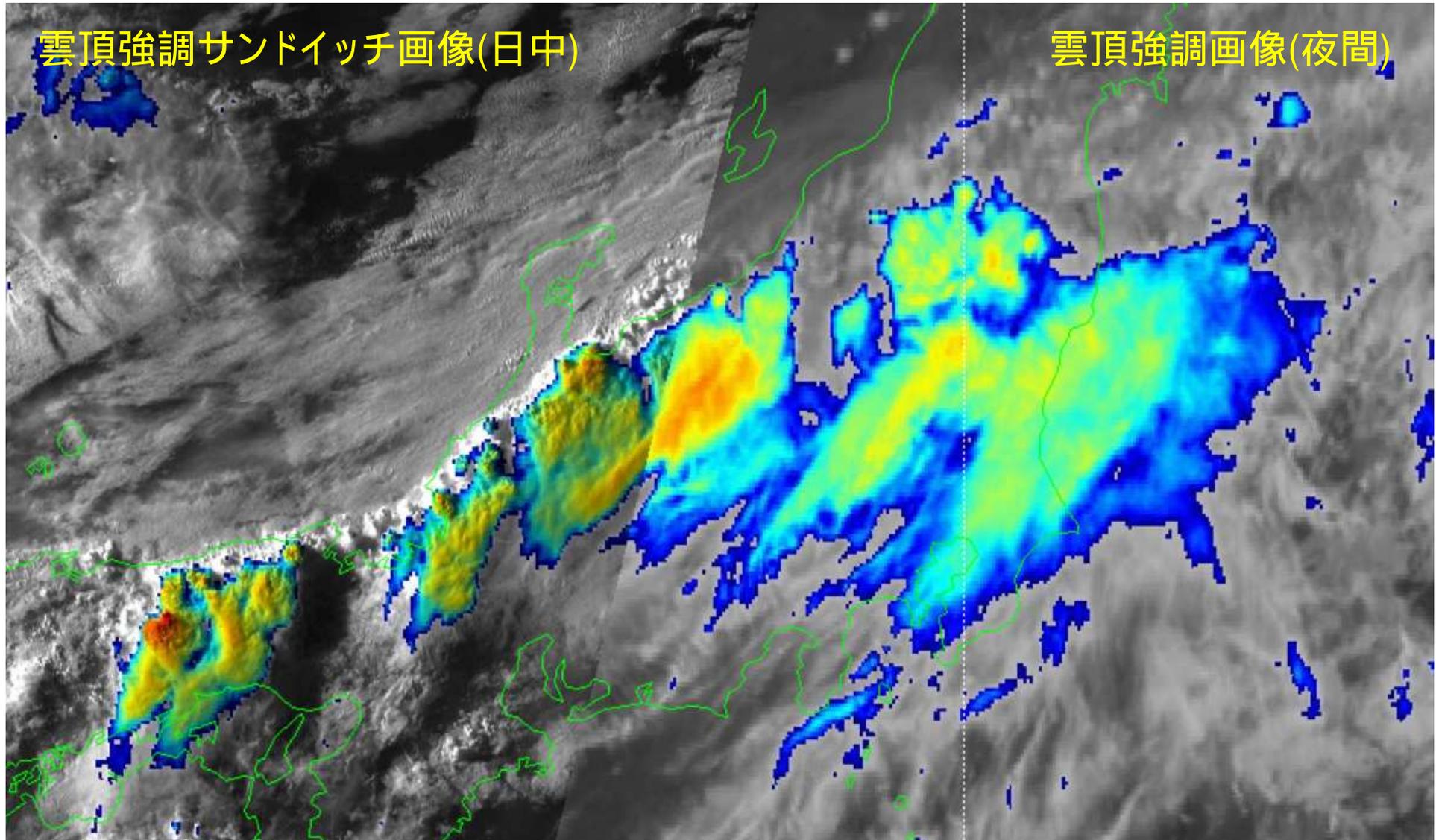
雲頂強調画像 (雲頂強調サンドイッチ画像)

(2017年7月24日 08:40UTC)



雲頂強調サンドイッチ画像(日中)

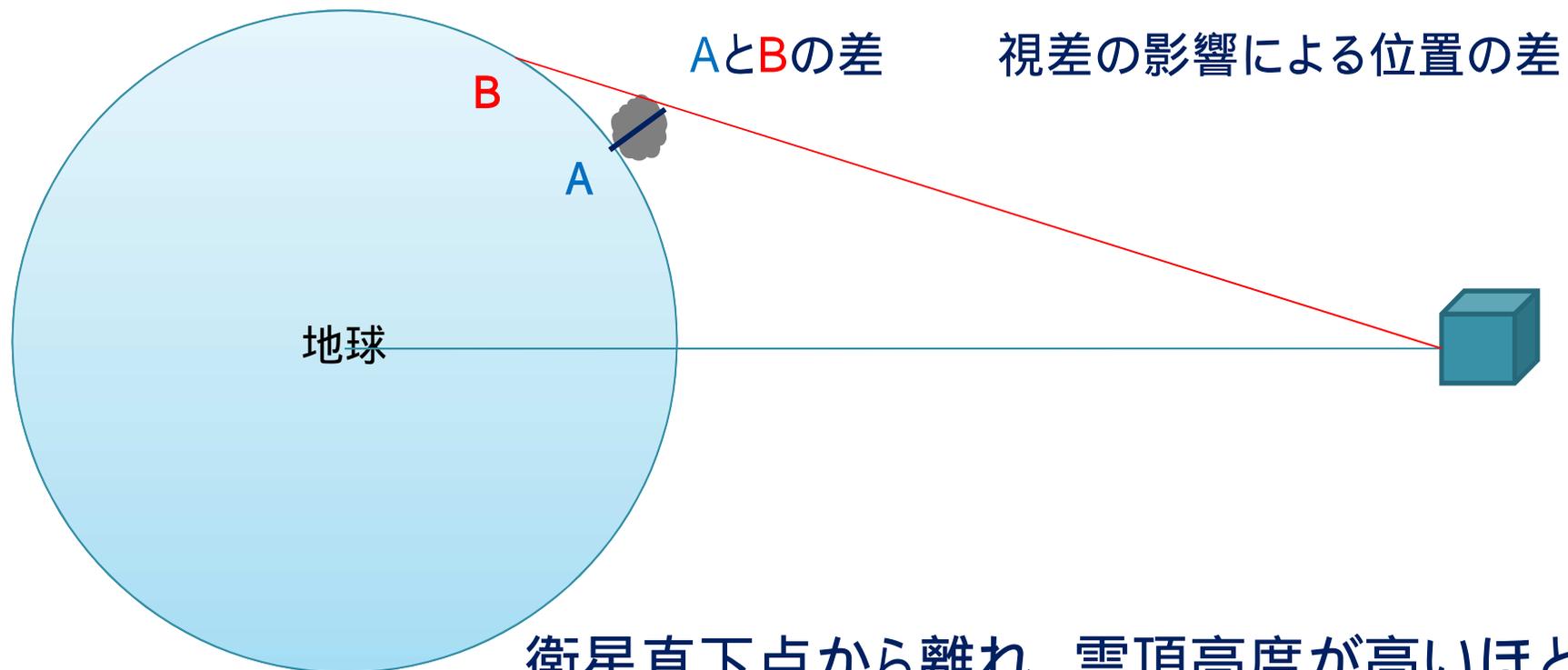
雲頂強調画像(夜間)





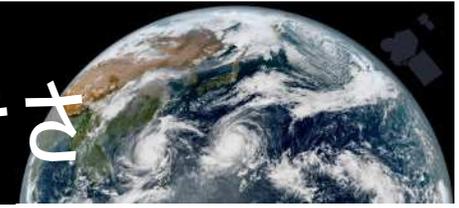
視差とは？

実際の雲の位置はA
衛星画像の投影先の位置はB

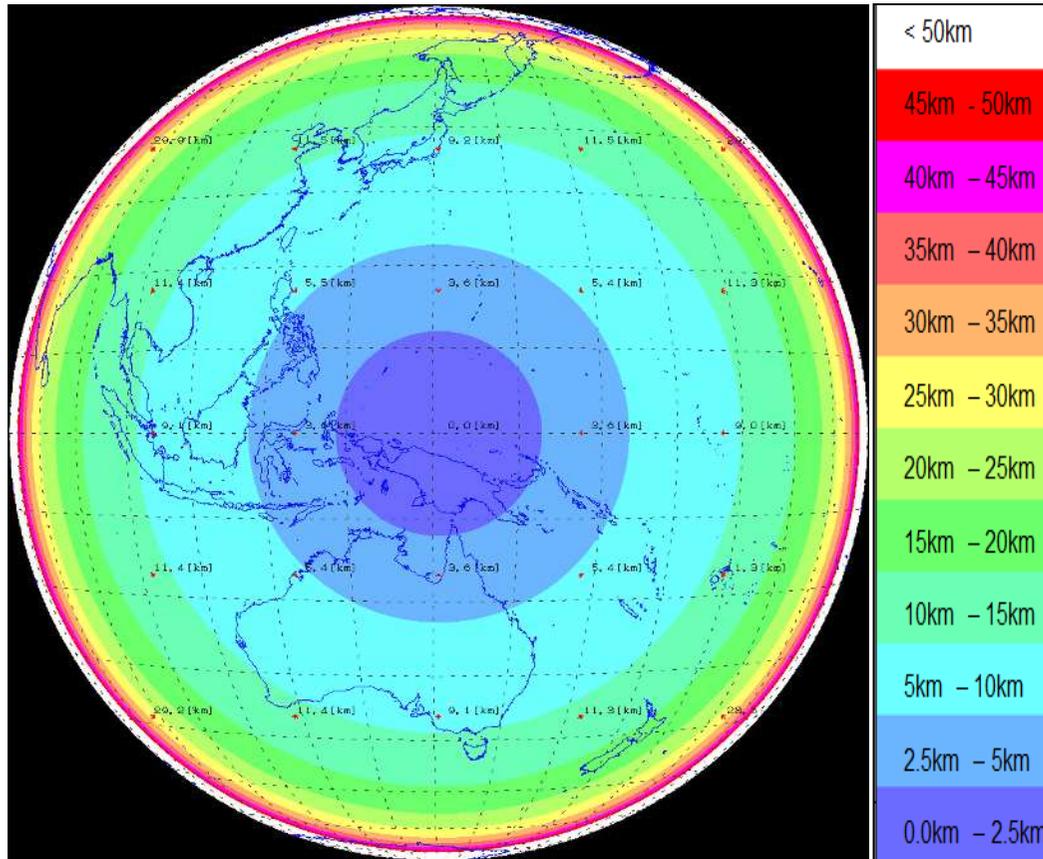


衛星直下点から離れ、雲頂高度が高いほど
視差は大きくなる。

視差による位置ずれの大きさ

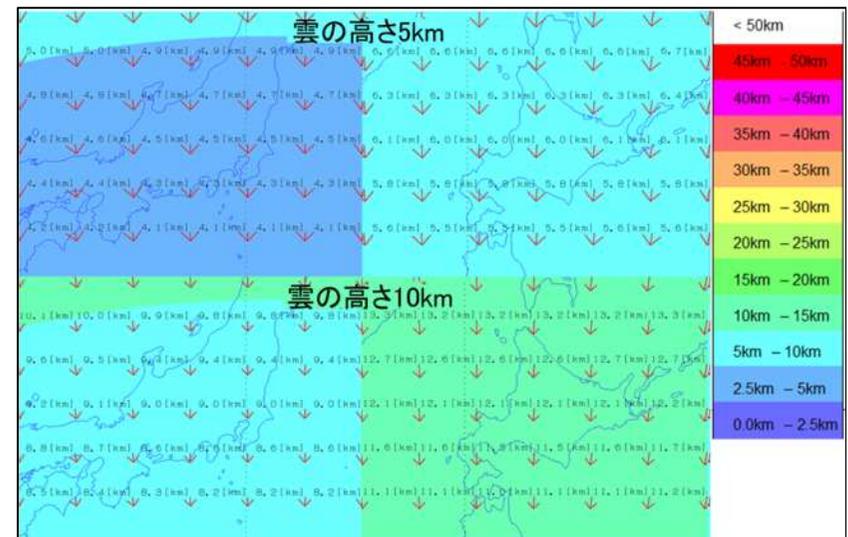


全球(雲の高さ10kmの場合)



視差による位置ずれの大きさは、衛星直下点で小さく、同心円状に大きくなる。

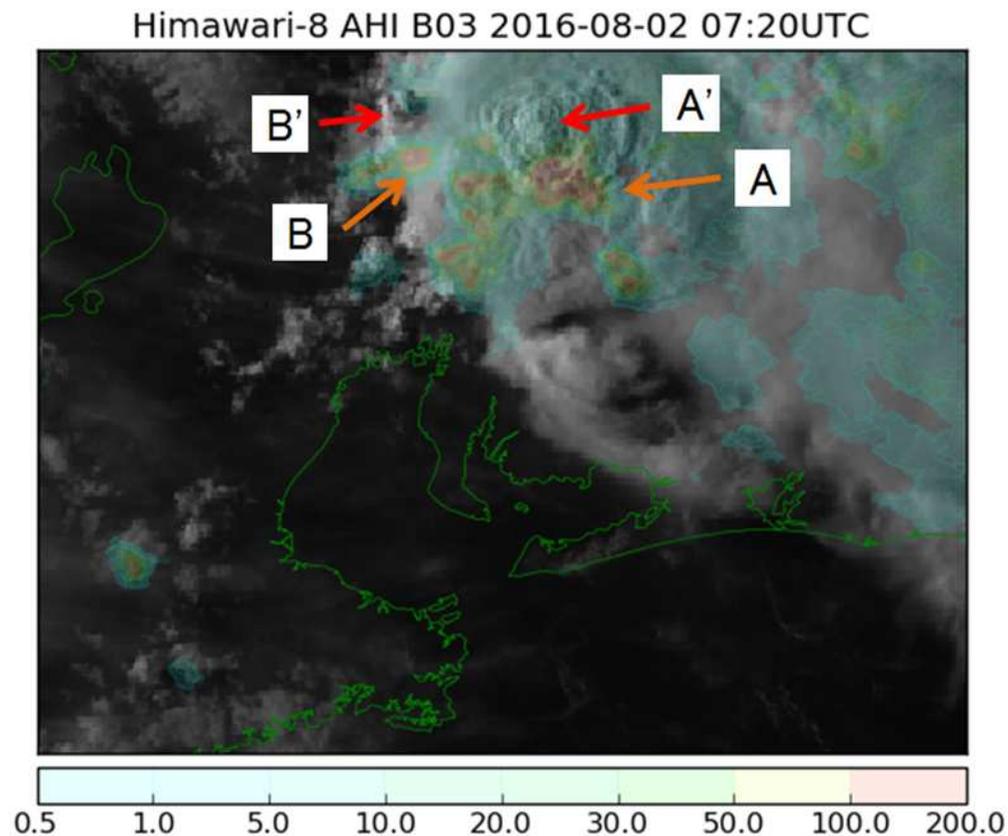
日本付近



矢印は、衛星画像の視差補正の方向と補正距離の大きさを示す。

衛星画像とレーダーとの比較

愛知県の積乱雲事例 (2016年8月2日07:20UTC)



レーダー観測による降水強度の強い地点A、Bと、衛星画像から見た積乱雲が発達している地点A'、B'との位置ずれが生じている。

積乱雲のような雲頂の高い雲ほど、視差の影響が大きくなる。



4. まとめ

まとめ



- ひまわりの各観測バンドの画像・RGB合成画像の特徴をおさえることで、効率的に現象を判別し、解析することができる。
 - 霧:可視、近赤外、赤外、差分画像、Natural color RGB、Night microphysics RGB など
 - 積乱雲:可視、赤外、Convective storm RGB、Night microphysics RGB、雲頂強調(サンドイッチ)画像など
- 衛星画像・RGB合成画像だけでなく、他の観測データと併せて利用することで更に正確な解析ができる。
 - 地上観測(目視)、アメダス、レーダーなど
- 各画像・データの限界・課題となる点を知ることも重要。
 - 利用できる時間帯(日中・夜間)、RGB合成画像の色調(季節による変化等)、プロダクトの誤判別など

さらに詳細な内容については、次スライドにある気象庁ウェブページ、予報技術研修テキスト等をご参照ください。

衛星画像のテキスト(参考文献)



- 量的予報技術資料(予報技術研修テキスト)
<http://www.jma.go.jp/jma/kishou/books/yohkens/yohkens.html>
 - 平成27年度 RGB合成画像の基礎
 - 平成28年度 ひまわり8号の画像を用いた霧の監視
 - 平成29年度 ひまわり8号による積乱雲の監視
- 気象衛星画像の解析と利用
http://www.data.jma.go.jp/mscweb/ja/prod/library_book.html
 - 気象衛星画像の解析と利用
 - 気象衛星画像の解析と利用--航空気象編
 - 気象衛星画像の解析と利用--熱帯低気圧編
 - 3.7 μ m帯画像の解析と利用--運輸多目的衛星新1号
- 気象衛星センター・画像活用
<http://www.data.jma.go.jp/mscweb/ja/prod/product.html>



ご清聴ありがとうございました。