

## 第3章 ひまわり8号による積乱雲の監視

### 3.1 はじめに\*

ひまわり8号・9号（ひまわり8号・9号は同等な仕様であるが、現在は8号が運用衛星であることから、以下は「ひまわり8号」と記す）では、ひまわり6号・7号に比べて、観測バンドの増加や空間分解能、時間分解能の向上が図られた。このため、小規模スケールの気象現象や短時間に急激に変化する現象を捉え易くなった。また、RGB合成画像などを用いることにより、従来の視点とは異なる幾つかの側面（切り口）から、気象現象を捉えて解析することができるようになった。

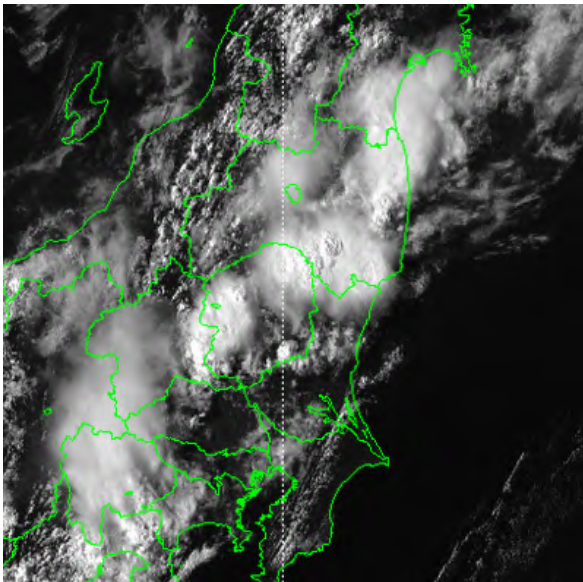
この章では、ひまわり8号の特徴を踏まえて、3.2節では衛星画像を利用した積乱雲の監視について紹介する。また3.3節では、「視差」と呼ばれる衛星観測と地上観測との位置ずれについて説明する。3.4節では、高頻度衛星観測の画像を利用して積雲から積乱雲へと発達する雲域を自動的に検出するプロダクトである「積乱雲情報プロダクト」について紹介する。最後の3.5節では、前節までの内容を踏まえて、積乱雲の監視について実際の事例を取り上げ紹介する。

### 3.2 積乱雲監視に利用する衛星画像\*

ひまわり8号では、多バンド化が図られ16バンドの衛星画像（付録参照）が得られるようになった。また、これらの観測画像を組み合わせ、各種のRGB合成画像も作成できるようになった。ここでは、ひまわり8号の各種衛星画像を利用した積乱雲の監視について、その特徴や利用法を紹介する。

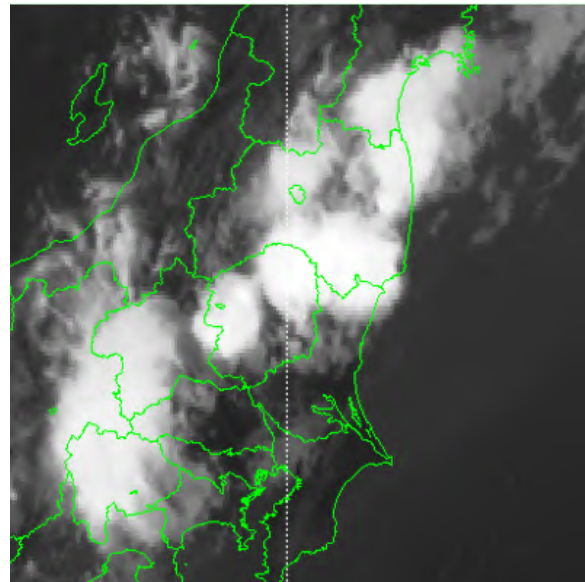
#### 3.2.1 積乱雲監視に利用する各種衛星画像

##### 【可視（B03）、赤外（B13）画像】



第3.2.1図 可視画像（B03）

（2017年7月13日15時）



第3.2.2図 赤外画像（B13）

（2017年7月13日15時）

第3.2.1図と第3.2.2図には、以前から利用されているひまわり8号の可視画像（B03）と赤外画像（B13）を示す。可視画像は雲や地表面等からの太陽光反射を観測した画像である。太陽光反射の強い画素

\*寺坂 義幸（気象衛星センターデータ処理部解析課）

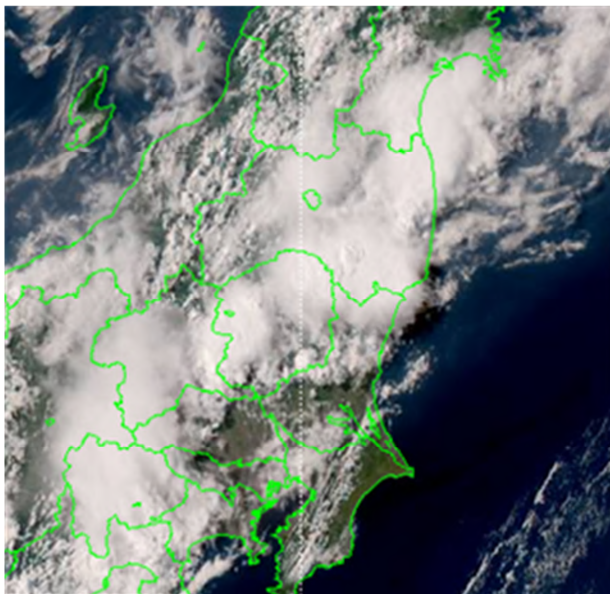
を明るく、弱い画素を暗く表示している。一方、赤外画像は雲や地表面から放射される赤外線を観測し、輝度温度を算出して画像にしたものである。輝度温度の高い画素は暗く、低い画素は明るく表示している。可視画像は、太陽光の反射を観測しているため日中にのみ利用可能となるが、赤外画像に比べて画像の解像度が高いため、雲域の詳細な形状やその時間変化がよくわかる。赤外画像では、可視画像ほど詳細な形状はわからないものの、観測した赤外線の強度から算出した雲頂の輝度温度が得られる。その場所の大気の鉛直温度分布がわかれば、その両者からおおよその雲頂高度を算出することができる。また、地球からの赤外線の放射量を観測しているため、太陽光の有無にかかわらず24時間連続して観測可能である。

また、ひまわり8号では、画像の解像度が向上（可視画像(B03)の水平解像度は500m）すると共に、短い時間間隔（2.5分間隔や30秒間隔）での高頻度衛星画像が得られるようになったことから、積乱雲の発達や火山噴火などといった水平スケールの小さい局所的な気象現象や時間変化量の大きい現象を捉え易くなった。

可視・赤外画像を利用した積乱雲監視の特徴は、以下のとおりである。

- ・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の把握、及び中心付近の対流域と積乱雲上部縁辺の「かなとこ巻雲」との区別ができる（「かなとこ巻雲」は氷晶でできていて密度が小さいため、下方が透けて見える。ただし、積乱雲の中心部に近い部分では雲層が厚くなるためこの限りではない）。
- ・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。なお夜間については、可視画像が利用できないため、赤外画像のみで雲域の形状やその時間変化、中心付近の対流域と「かなとこ巻雲」との区別などを行う。

### 【True color 再現画像】



第3.2.3図 True color 再現画像  
(2017年7月13日15時)

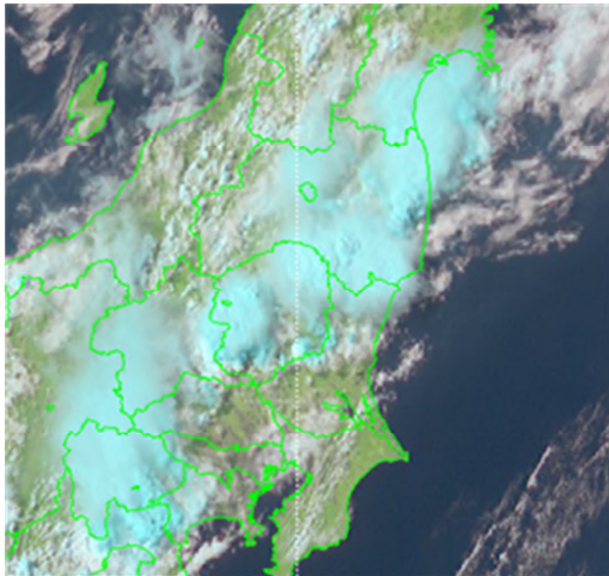
True color 再現画像（第3.2.3図）は、3種類の可視画像（B01、B02、B03）、近赤外画像（B04）、赤外画像（B13）を用いて、大気による光の散乱の効果を補正すると共に、色調や階調を補正して作成したカラー画像である。色調は、人が肉眼で見た場合と同等になるように調整されているのが特徴である。

この画像を利用した積乱雲の監視では、中心付近の対流域と「かなとこ巻雲」との区別といった雲域分布の詳細な解析がし易くなっている。また、積乱雲に発達する前の積雲などの下層雲の様子も把握できる。さらに、「ダスト」や「もや」などの大気中の浮遊物質と雲域とが色調の違いにより区別し易いほか、植生などの地表面の様子がよくわかる特徴もある。

True color 再現画像を利用した積乱雲監視の特徴は、以下のとおりである。

- ・True color 再現画像では、積乱雲の詳細な形状や中心付近の対流域と「かなとこ巻雲」との区別、積雲などの下層雲がよく把握できる。

### 【Natural color RGB 合成画像】



第3.2.4図 Natural color RGB 合成画像  
(2017年7月13日15時)

Natural color RGB 合成画像(第3.2.4図)は、2種類の近赤外画像(B04、B05)と可視画像(B03)を利用して作成している。この画像は、雲粒の相(水/氷)の違いにより太陽光反射が顕著に異なる近赤外画像(B05)を利用しているため、氷晶からできた雲(シアン色)と水の粒からできた雲(白色)との区別ができる(付録の色解釈参照)。積乱雲の雲頂は高く、氷晶からできているためシアン色となるのに対し、主に水の粒からできている下層雲域(水雲)は白色となり、両者の区別は容易である。

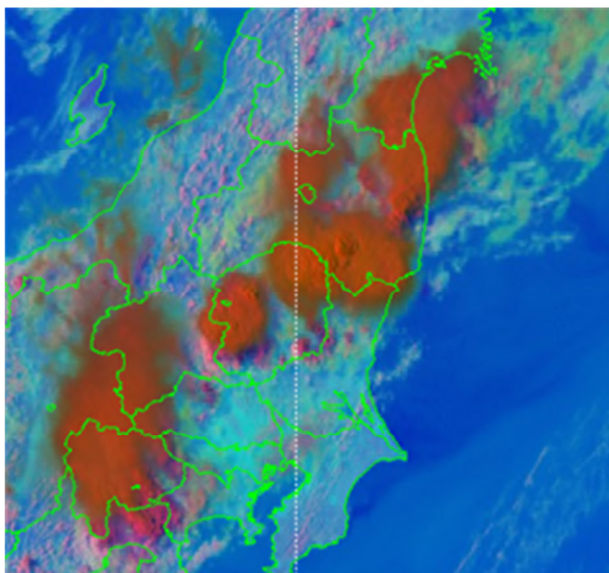
一般的な積乱雲の発達過程において、発生初期の積雲は、水の粒で構成されているため白色に表示される。その後、発達して次第に雲頂高度が高くなると、氷晶を伴うようになり、シアン色の領域が現れるようになる。このRGB合成画像を利用

すれば、積雲が発達して雲頂に氷晶を伴うようになったかどうかの判断ができる。

Natural color RGB 合成画像を利用した積乱雲監視の特徴は、以下のとおりである。

- ・積乱雲の氷晶からできている部分(発達した対流部の雲頂や「かなとこ巻雲」)はシアン色に表示される。
- 一方、下層の水の粒からできている雲域や霧域は白色表示となる。

### 【Day microphysics RGB 合成画像】



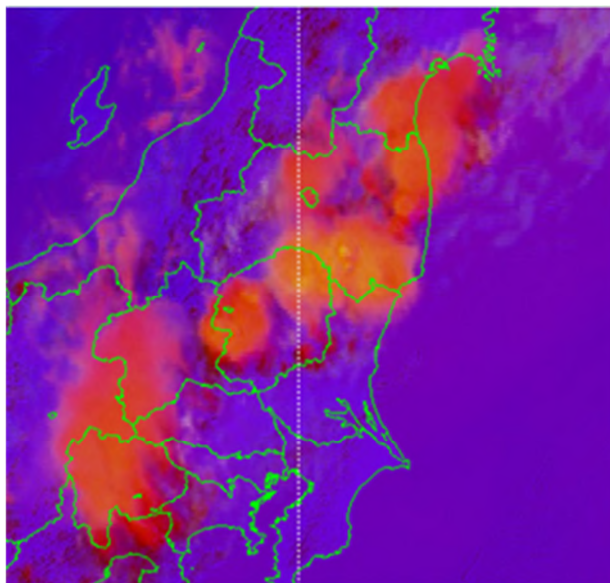
第3.2.5図 Day microphysics RGB 合成画像  
(2017年7月13日15時)

Day microphysics RGB 合成画像(第3.2.5図)は、雲粒の相(水/氷)や雲粒の大きさに敏感な反射特性を持つ3.9  $\mu\text{m}$  赤外画像(B07)の太陽光反射成分を利用しており、日中の積乱雲域の抽出や氷晶雲(上層雲)と水雲(水の粒からできた下層雲や霧など)との判別を行うことができる。積乱雲の中心付近にある雲頂が氷晶で覆われている厚い雲域は、オレンジ色、積乱雲に伴う「かなとこ巻雲」は薄い緑色、静岡県東部などに見える厚い水雲域はマゼンタ色、下層の水雲は、緑白色で表示される(付録の色解釈参照)。

Day microphysics RGB 合成画像を利用した積乱雲監視の特徴は、以下のとおりである。

- ・積乱雲の中心付近にある雲頂が氷晶で覆われている厚い雲域はオレンジ色、また積乱雲上部縁辺の「かなとこ巻雲」は薄い緑色に表示される。

### 【Day convective storm RGB 合成画像】



第3.2.6図 Day convective storm RGB 合成画像  
(2017年7月13日15時)

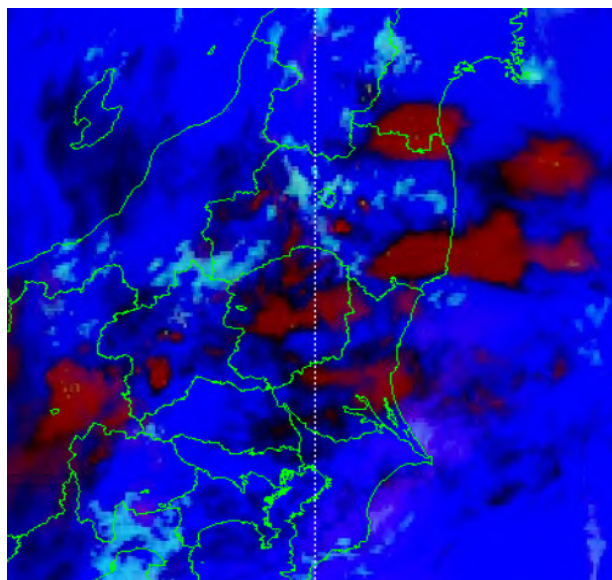
Day convective storm RGB 合成画像（第3.2.6図）では、積乱雲などの降水を伴う厚い雲は赤く表示される。特に、強い上昇気流を伴う対流活動の活発な領域は黄色く表示されるため、その把握が容易である（付録の色解釈参照）。積乱雲の中に強い上昇気流があると、雲中の氷晶粒子は十分に成長できないまま雲頂まで持ち上げられる。このため、積乱雲の雲頂には通常よりも小さい氷晶粒子が存在することとなる。このような雲域は、黄色く表示するように設定されていて、強い上昇気流に伴う対流活動の活発な領域が容易にわかる。

Day convective storm RGB 合成画像を利用した積乱雲監視の特徴は、以下のとおりである。

- ・積乱雲などの降水を伴う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。

- ・可視画像と赤外画像を切り替えて積乱雲を判断する従来の手法より、容易に積乱雲を判別できる。

### 【Night microphysics RGB 合成画像】



第3.2.7図 Night microphysics RGB 合成画像  
(2017年7月15日20時)

他の画像とは観測日時が異なることに注意。

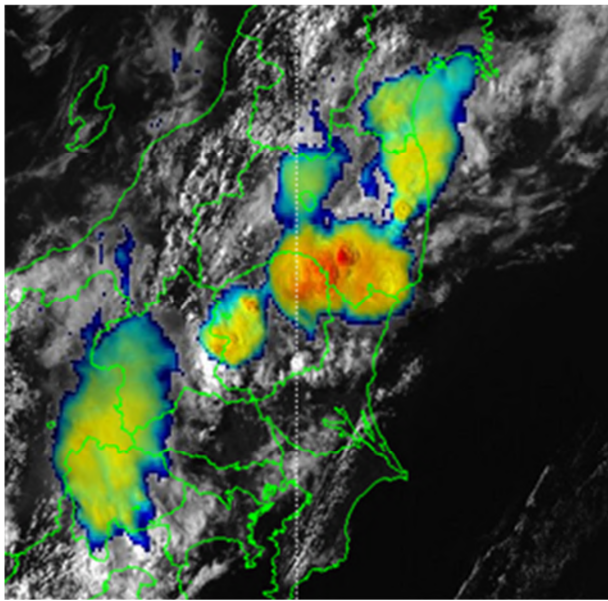
Night microphysics RGB 合成画像（第3.2.7図）は、夜間の雲型判別に用いる RGB 合成画像である。積乱雲の中心付近の厚い雲域は赤く表示される。その中でも特に発達して輝度温度が低くなった領域は、赤色の中に黄色い斑点が混じる表示となる（付録の色解釈参照）。これは  $3.9\ \mu\text{m}$  赤外画像（B07）の輝度温度が特に低下（約  $230\text{K}$  以下）すると画像にノイズ状の斑点が生じるためである。また、積乱雲上部縁辺の「かなとこ巻雲」は、薄い黒色となる。

なお、この RGB 合成画像は、夜間の霧・下層雲の判別にも利用できるが、 $3.9\ \mu\text{m}$  赤外画像（B07）が利用されているため、朝になって太陽光が当たり始めると、その影響で色調が変化するため利用できなくなることに留意する必要がある。

Night microphysics RGB 合成画像を利用した積乱雲監視の特徴は、以下のとおりである。

- ・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。
- ・積乱雲上部縁辺の「かなとこ巻雲」は薄い黒色に表示される。

### 【雲頂強調画像（雲頂強調サンドイッチ画像）】



第 3.2.8 図 日中の雲頂強調画像  
（雲頂強調サンドイッチ画像）  
（2017 年 7 月 13 日 15 時）

雲頂強調画像は、積乱雲などの発達した雲域の雲頂の輝度温度（雲頂高度）の変化が色の違いとして客観的に示されている。日中は、特に可視画像による詳細な形状（雲頂の凹凸など）も同時に示されることから、雲域の発達や衰弱の調査、その指標などにも活用できる。

雲頂強調画像を利用した積乱雲監視の特徴は、以下のとおりである。

- ・雲頂の輝度温度の分布やその変化がカラースケールで表示される。
- ・日中の場合、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。

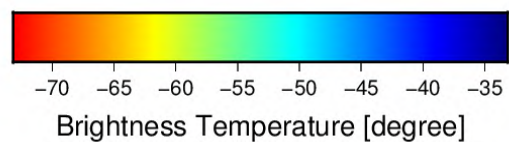
### 3.2.2 積乱雲監視のまとめと留意事項など

積乱雲監視の基本は、以前から用いられている可視画像（B03）と赤外画像（B13）であるが、ひまわり 8 号では最新の各種衛星画像を利用できるようになり、より正確で詳細な積乱雲の監視ができるようになった。可視画像からは雲域の大きさや詳細な形状（夜間は赤外画像で代用）、赤外画像からは雲域の輝度温度（雲頂高度）に着目して、その時間変化を把握しておくことが重要である。また、ひまわり 8 号になって新たに利用できるようになった True color 再現画像や各種の RGB 合成画像を使うと、氷晶雲と水雲の区別や活発な対流雲域の把握など、可視画像や赤外画像だけではわからない新たな情報が得られるようになった。

以下に、各種衛星画像の特徴をまとめる。なお、Night microphysics RGB 合成画像は夜間のみの利用となるが、赤外画像や雲頂強調画像は昼夜の区別なく 24 時間利用できる。その他の画像については、可視や近赤外画像が利用されているため、日中のみの利用となることに留意が必要である。

雲頂強調画像（第 3.2.8 図）は、赤外画像（B13）の輝度温度に注目して特定の温度帯をカラー表示した画像である。夜間は、赤外画像の輝度温度に対応して着色した単純な画像であるが、日中は、可視画像（B03）上に赤外画像の輝度温度に対応して着色した雲頂強調画像（夜間と同様な画像）を、半透明にして重ね合わせて合成した画像で、衛星画像をサンドイッチのように重ね合わせて作成することから「サンドイッチ画像」と呼ばれている。

第 3.2.9 図には、赤外画像の輝度温度に対応して着色する配色図を示した。着色する範囲は -73（200K）～ -33（240K）としていて、赤外画像の低温部に重点を置いた色配分である。



第 3.2.9 図 雲頂強調画像の配色図

#### 【日中の監視】

- ・ True color 再現画像では、積乱雲の詳細な形状や、対流域と「かなとこ巻雲」との区別、地表面、積雲などの下層雲がよくわかる。
- ・ Natural color RGB 合成画像では、氷晶雲と水雲の判別が容易である。
- ・ Day microphysics RGB 合成画像では、積乱雲に伴う厚い雲域の雲頂が氷晶に覆われているかどうかや「かなとこ巻雲」の区別ができる。
- ・ Day convective storm RGB 合成画像では、積乱雲の対流活動の活発な領域が黄色く表示される。

#### 【夜間の監視】

- ・ Night microphysics RGB 合成画像では、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って表示される。

#### 【一日を通しての監視】

- ・ 雲頂強調画像では、雲頂の輝度温度の分布やその変化がカラースケールで表示される。また日中は、可視画像による詳細な形状も同時にわかる。

### 3.3 積乱雲監視における視差について\*

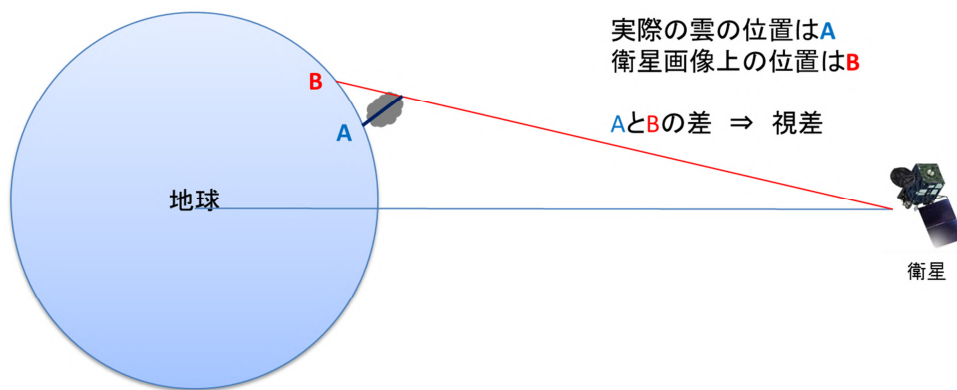
衛星画像は積乱雲の監視に非常に有用であるが、地上の観測データと比較するときには視差の影響による位置ずれを考慮する必要がある。この節では、この視差について説明する。

#### 3.3.1 衛星画像で生じる視差とは

ひまわり 8 号は、東経約 140.7 度の赤道上空約 36000km に位置して観測を行い、観測データは衛星画像として雲域等の監視に日々利用されている。地球から離れた上空から観測することで広い領域の観測が可能になる一方、地上から観測したデータとの間で視差による位置ずれが生じる。

第 3.3.1 図は視差が生じるメカニズムを表したものである。地上から見た雲の位置が A 地点であるのに対して、衛星から見た雲の位置は B 地点になる。

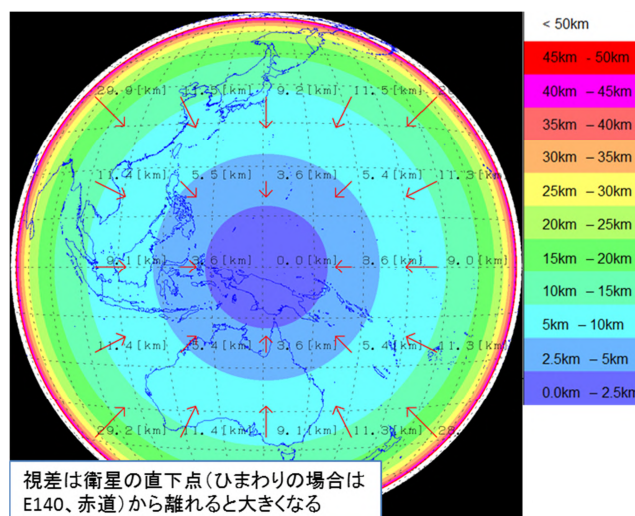
この A 地点と B 地点の差が視差の影響による位置の差となる。衛星画像と観測データとの比較をする際にはこの位置ずれに注意する必要がある。



第 3.3.1 図 視差が生じるメカニズム

#### 3.3.2 視差の特徴

視差の影響はひまわり 8 号の衛星直下点（東経 140.7 度、赤道）から離れるほど大きくなり、観測する雲の雲頂高度が高くなるほど大きくなるという特徴がある。

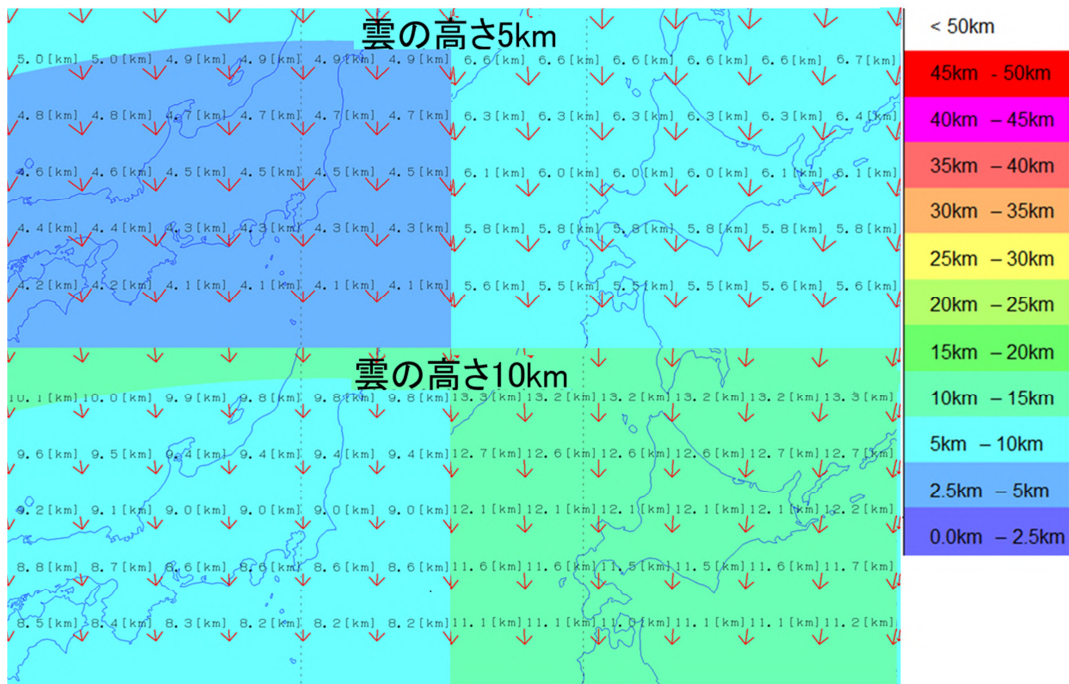


第 3.3.2 図 雲頂高度 10km の雲を観測した際に生じる視差補正距離の大きさ

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。

\*齋藤 幸太郎（気象衛星センターデータ処理部解析課）

第 3.3.2 図は日本付近で雲頂高度 10km の雲を観測した際に生じる視差の大きさを図に示したものである。この図から衛星直下点付近では視差による影響が殆ど無いのに対して、衛星直下点から離れるほど視差の影響が大きくなり、衛星直下点に近づく方向に視差補正が必要なことがわかる。



第 3.3.3 図 雲頂高度による視差補正距離の大きさ

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。

第 3.3.3 図は雲頂高度を変化させた時に視差の影響がどの程度変化するかを図にしたものである。上段の図は雲頂高度が 5km の時、下段の図は雲頂高度 10km の時の視差の影響による位置ずれの大きさを示した。雲頂高度 5km の時は北海道付近で位置ずれの大きさが 5-10km、関東付近で 2.5-5km 程度であるのに対して、雲頂高度 10km のときは北海道付近で 10-15km、関東付近で 5-10km と大きくなっている。このように、日本付近においても数 km のオーダーで視差が生じているため、府県を対象とした調査等ではこれが無視できないケースもあり得る。衛星画像を用いる際には注意が必要である。

以上のように視差は、衛星直下点から同心円状に大きくなり、中心からの距離に比例して大きくなる。また、視差による位置ずれの大きさは、雲頂高度に比例して大きくなるという特徴もわかる。こうした特徴から積乱雲のように雲頂高度が非常に高い雲では、視差の影響が特に大きくなるため、衛星画像から積乱雲の位置を特定する場合やレーダー、雷監視システム (LIDEN、以下「LIDEN」と記す) 等の地上観測データとの比較には注意が必要である。

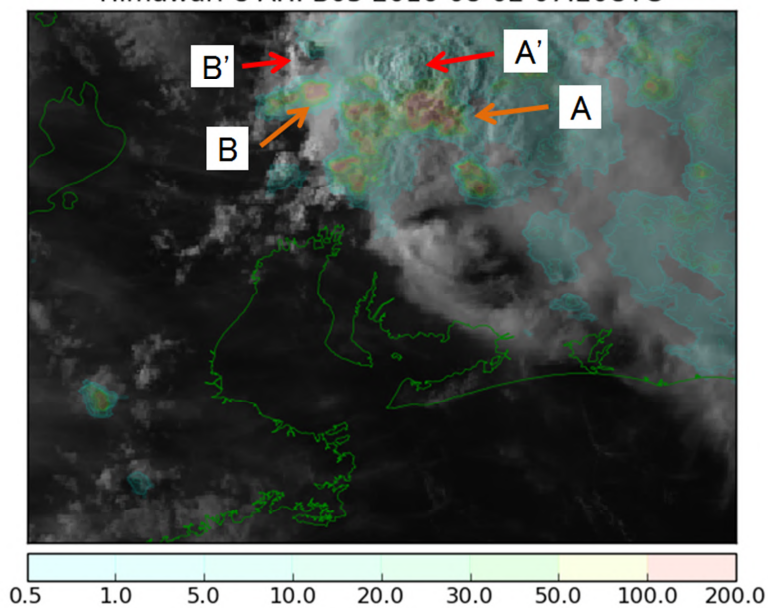
### 3.3.3 衛星画像と地上観測との比較の例

ここでは実際に衛星画像に表現された視差の影響について、衛星画像と同時刻の地上レーダーの観測データとを比較して示した例を紹介する。

第 3.3.4 図は東海地方で発生した積乱雲を観測したもので、2016 年 8 月 2 日 16 時 20 分のひまわり 8 号の可視画像 (B03) に同時刻の地上レーダーで観測した降水強度を重ねた図である。



Himawari-8 AHI B03 2016-08-02 07:20UTC

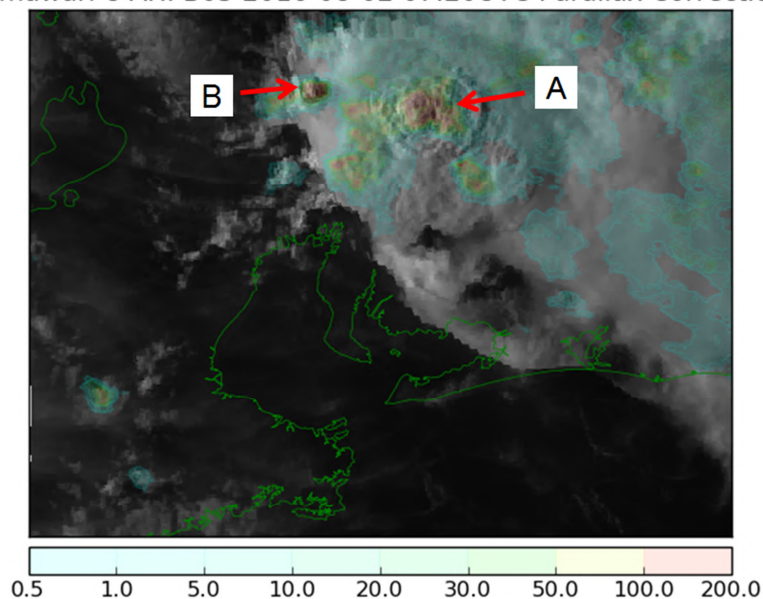


第 3.3.4 図 ひまわり 8 号可視画像 (B03) とレーダーの降水強度 (mm/h)  
(2016 年 8 月 2 日 16 時 20 分)

地上レーダーの降水強度が強い地点が図中の A・B 地点であるのに対して、衛星画像から見て積乱雲の発達しているのは A'・B' 地点となる。このように視差の影響によって地上の観測で降水が強い地点と、衛星画像の発達した積乱雲とは位置がずれている。

第 3.3.5 図は第 3.3.4 図と同時刻の観測で、雲頂高度から視差の影響を見積もり、そのずれ量を画像処理した補正可視画像と、地上レーダーで観測した降水強度とを重ね合わせた図である。

Himawari-8 AHI B03 2016-08-02 07:20UTC Parallax Correction



第 3.3.5 図 視差を補正した可視画像 (B03) とレーダーの降水強度  
(2016 年 8 月 2 日 16 時 20 分)

図中の矢印が示すとおり、地上レーダーの降水強度が強い地点と衛星画像から見た積乱雲の発達している位置がほぼ一致しており、同一のものであることがわかる。

以上のように、積乱雲のような雲頂高度が高い雲域と地上の観測データを比較する際には視差の影響による位置ずれを考慮する必要がある。

### 3.3.4 視差についてのまとめ

衛星画像と地上の観測との間には視差の影響による位置ずれが生じ、以下のような特徴がある。

- ・ 衛星直下点（ひまわり 8 号では東経 140.7 度、赤道）から離れれば離れるほど視差の影響は大きくなる。
- ・ 雲頂高度が高い雲ほど視差の影響は大きくなる。
- ・ 積乱雲のように雲頂高度が高い雲域の監視の際は視差による位置ずれが数 km 程度になる。このため、府県域を対象とするなど、拡大した衛星画像を利用する場合は、衛星画像と地上の観測データとの比較には注意が必要である。

なお、具体的な視差の補正方法は齊藤他(2013)の「ラピッドスキャンデータで見た積乱雲の一生」に詳しく記載されている。

### 3.4 積乱雲情報プロダクトの紹介\*

#### 3.4.1 はじめに

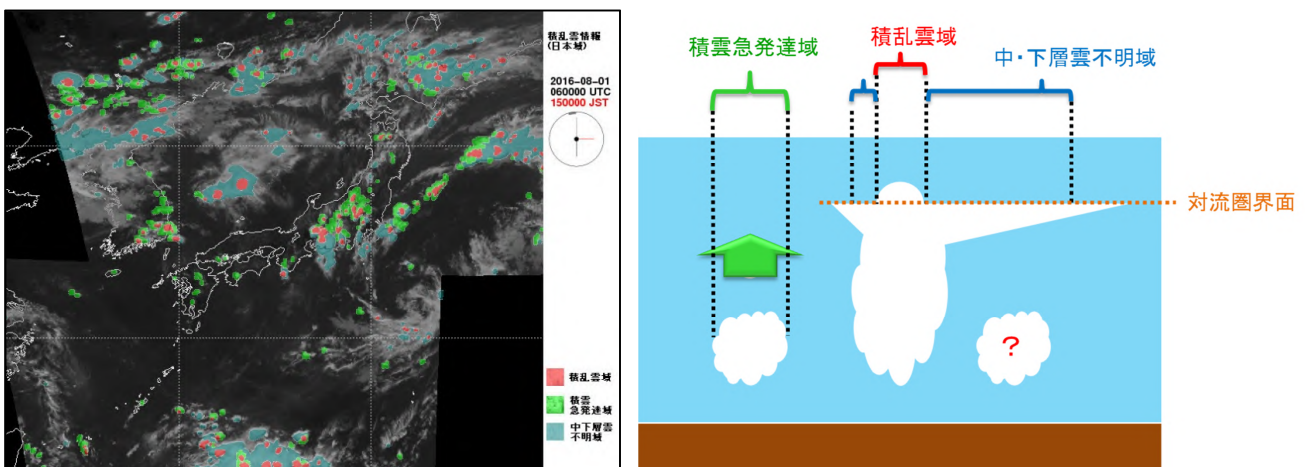
ひまわり 8 号は 10 分間隔のフルディスク観測（衛星から見える地球全ての観測）と同時に日本域周辺を高頻度（2.5 分間隔）に観測する日本域観測を行っている。気象衛星センターでは、この日本域観測を利用して、積乱雲情報プロダクトを作成し、航空機の安全運航に資するプロダクトとして航空関係機関を対象に提供している。本プロダクトは、急速に発達し積乱雲になるおそれがある積雲域（以下、「積雲急発達域」）、積乱雲域、かなとこ巻雲等の分厚い上層雲（以下、「中下層雲不明域」）の 3 つの要素から成っている（詳細については Sumida et al.(2017)を参照）。ここでは、積雲急発達域検出のアルゴリズムや精度評価、特性について解説する。

#### 3.4.2 積乱雲情報プロダクトの概要

気象衛星センターでは、2012 年 6 月から 2014 年 9 月まで、ひまわり 6 号の 5 分毎の高頻度観測データを利用して、航空関係機関向けに積乱雲情報プロダクトを提供してきた。しかし、待機衛星としての観測の制約のため、夏季（6 月～9 月）の日中（09 時～18 時）のみの提供であった。2015 年 7 月からは、ひまわり 8 号の日本域観測データを利用したプロダクトを、それまでと同様に夏季・日中に提供していたが、プロダクトの提供が行われていなかった朝や夜のはじめ頃にも積乱雲が激しく発達することが多いため、2016 年 6 月からは、ひまわり 8 号の多バンドの観測データを利用することにより、通年終日の提供を行っている。

積乱雲情報プロダクトは、第 3.4.1 図のように画像形式で提供しており、赤外画像（B13）を背景として、以下の 3 つの要素を重畳して表示している。

- 積雲急発達域（緑色）：  
発達傾向があり、発雷などの激しい現象をもたらす可能性がある雲域
- 積乱雲域（赤色）：  
積乱雲が十分に発達し雲頂がオーバーシュート（対流圏界面を突破）している雲域
- 中下層雲不明域（青色）：  
積乱雲の雲頂付近から広がるかなとこ巻雲等の分厚い上層雲域  
（分厚い上層雲があると、衛星からはその下の状況が不明なため、このような名称を用いている）

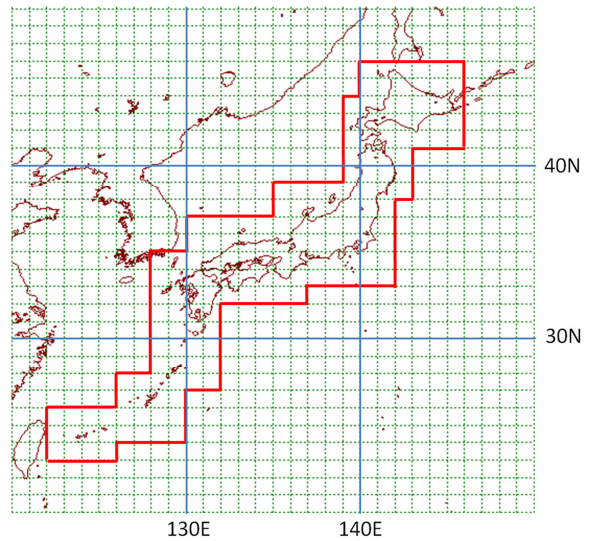


第 3.4.1 図 積乱雲情報プロダクト（左）と各要素の概念図（右）

\*鈴江 寛史、隅田 康彦（気象衛星センターデータ処理部システム管理課）

### 3.4.3 積雲急発達域検出アルゴリズム

積雲急発達域の検出は、ひまわり 8 号の多バンドの衛星画像（付録参照）かつ高頻度の観測の特長を活かして、特徴的な検出パラメータ（第 3.4.1 表）を設定し、統計的な手法によって行っている。これらの検出パラメータにより、雲頂表面の凹凸具合（No.1-4）や水雲から氷雲への相変化（No.5-7）、雲頂上空の水蒸気（No.8, 9）等を推定し、さらに雲頂状態の時間変化（No.10-13）も考慮することで、雲の発達度合いを見積もっている。なお、各検出パラメータを算出する際には、周囲（約 10km 以内）の観測値から、平均値や最小・最大値、標準偏差等を計算し、それらを利用している。さらに、発雷の観測を真値としたロジスティック回帰モデル式（3.4.1）を利用することにより、今後 1 時間以内に発雷する確率  $p$  を求め、この  $p$  の値が高い領域を積雲急発達域として検出している。



第 3.4.2 図 回帰係数算出及び精度評価に使用する領域（赤枠内）

$$p = \frac{1}{1 + \exp[-(a_0 + \sum_i a_i x_i)]} \quad (3.4.1)$$

ここで、 $x_i$  は最大 13 個の各検出パラメータの値、 $a_0$  及び  $a_i$  は回帰係数である。夏季は熱雷、冬季は寒気吹き出し時の日本海沿岸での発雷をターゲットにしており、第 3.4.2 図に示す領域内において発雷を多数検知した一定期間のデータを利用して、検出パラメータと 1 時間先までの LIDEN の発雷検知データとのロジスティック回帰分析を行い、「夏季日中」「夏季夜間」「冬季」の 3 種類の回帰係数を設定している。なお、ここでは、毎年 4 月から 10 月までを夏季、11 月から翌 3 月までを冬季として、回帰係数の切り替え等のアルゴリズムの変更を行い、季節の変動の影響を考慮している。ただし、アルゴリズムの切り替え時には、積雲急発達域の検出特性が変わることに注意が必要である。

第 3.4.1 表 積雲急発達域検出に利用するパラメータ

No.	検出パラメータ	主な目的	備考
1	B03 (最大値 - 平均値)	雲頂表面の凹凸具合を検出	夏季・日中のみ
2	B03 (標準偏差)		
3	B13 (最小値 - 平均値)		
4	B13 (標準偏差)		
5	B16 - B13 (平均値)	雲頂付近の氷雲の検出	夏季のみ
6	B15 - B13 (平均値)		
7	B11 - B13 (平均値)		
8	B08 - B13 (平均値)	雲頂上空の水蒸気の検出	
9	B10 - B08 (平均値)		
10	B03 (平均値の時間変化)	雲の発達具合を検出	日中のみ
11	B13 (平均値の時間変化)		
12	B11 - B13 (平均値の時間変化)	雲頂付近の氷雲の検出	夏季のみ
13	B15 - B13 (平均値の時間変化)		

### 3.4.4 積雲急発達域検出の精度評価

積雲急発達域検出の精度評価は第 3.4.2 図の領域内で LIDEN (対地放電及び雲放電) を真値として行っている。積雲急発達域検出後 1 時間以内に発雷が検知されたか否か、または発雷検知前 1 時間以内に積雲急発達域が検出されていたか否かを評価の対象としており、精度評価の指標として、以下の捕捉率及び空振り率を用いる。

$$\text{捕捉率} = \frac{aa}{aa + c}、\text{空振り率} = \frac{b}{a + b} \quad (3.4.2)$$

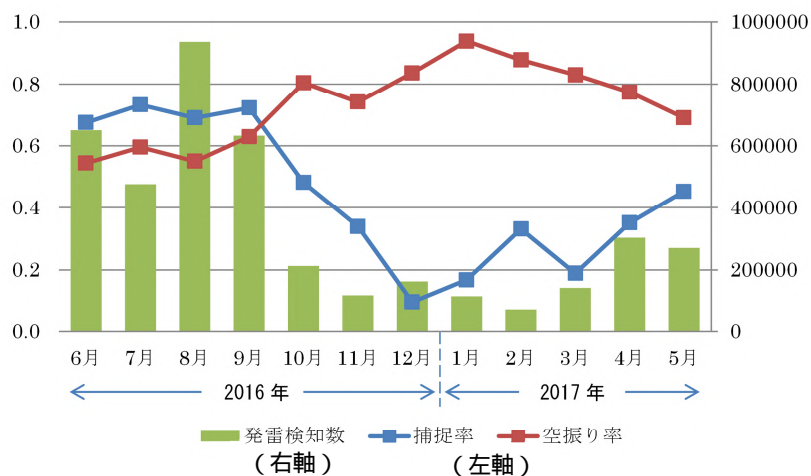
ここで、a, aa, b, c の各値は、第 3.4.2 表の分割表の値である。

第 3.4.2 表 精度評価の分割表

- a: 積雲急発達域として検出された格子 (解像度: 0.1°) の周辺 ±1 格子以内かつその検出後 1 時間以内に、検知された発雷数
- aa: 発雷が検知された格子 (解像度: 0.1°) の周辺 ±1 格子以内かつその検知前 1 時間以内に検出された積雲急発達域の数
- b: 積雲急発達域を検出したが、その後 1 時間以内に発雷がなかった数
- c: 発雷が検知されたが、その 1 時間前までに、積雲急発達域が検出されていなかった数

		発雷		合計
		あり	なし	
検出結果	あり	a, aa: 適中	b: 空振り	a+b: 積雲急発達域検出数
	なし	c: 見逃し	d	
合計		aa+c: 発雷検知数		

第 3.4.3 図では、2016 年 6 月から 2017 年 5 月までの 1 年間の月別の捕捉率、空振り率及び発雷数を示している。積雲急発達域は、夏季においては熱雷をターゲットとしているため、熱雷が多く発生した 8 月は比較的精度良く検出されていることがわかる。これは、熱雷が発生する環境場では太平洋高気圧に覆われ、中・上層雲に邪魔されずに対流雲が発達する様子を衛星から観測することができるためと考えられる。一方、熱雷の発生が減少する 10 月には、捕捉率の低下や空振り率の上昇が見られる。また、発雷が少ない冬季についても精度が低下する傾向にあることがわかる。冬季においては寒気吹き出し時の日本海沿岸での発雷をターゲットにしているが、発雷を伴う雲域でも夏季ほどの発達傾向は見られず、雲域の水平移動量も大きいことから、正確な発雷位置を解析・予測するのが困難なためである。



第 3.4.3 図 積雲急発達域の精度評価

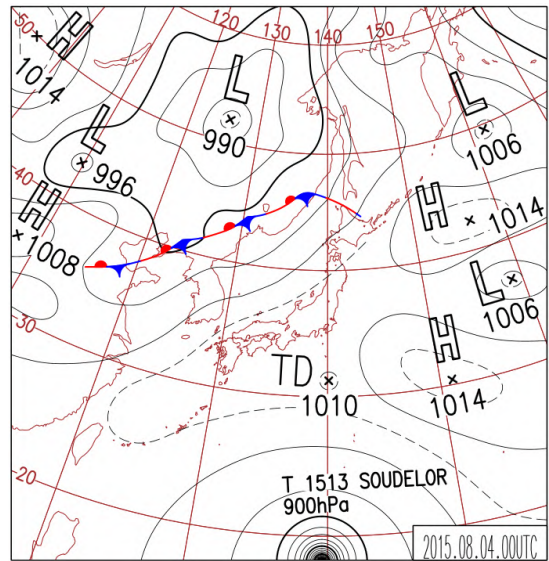
### 3.4.5 積雲急発達域の検出事例

2015年8月4日に関東内陸部で発生した熱雷時の地上天気図を第3.4.4図に示す。伊豆諸島には中心気圧1010hPaの熱帯低気圧、フィリピンの東には中心気圧900hPaの台風第13号(Soudelor)があり、太平洋高気圧の張り出しにより九州から本州にかけて晴れて気温が上昇し、大気の状態が不安定になっていた。そして、同日昼過ぎから、各地で雷雨が観測された。

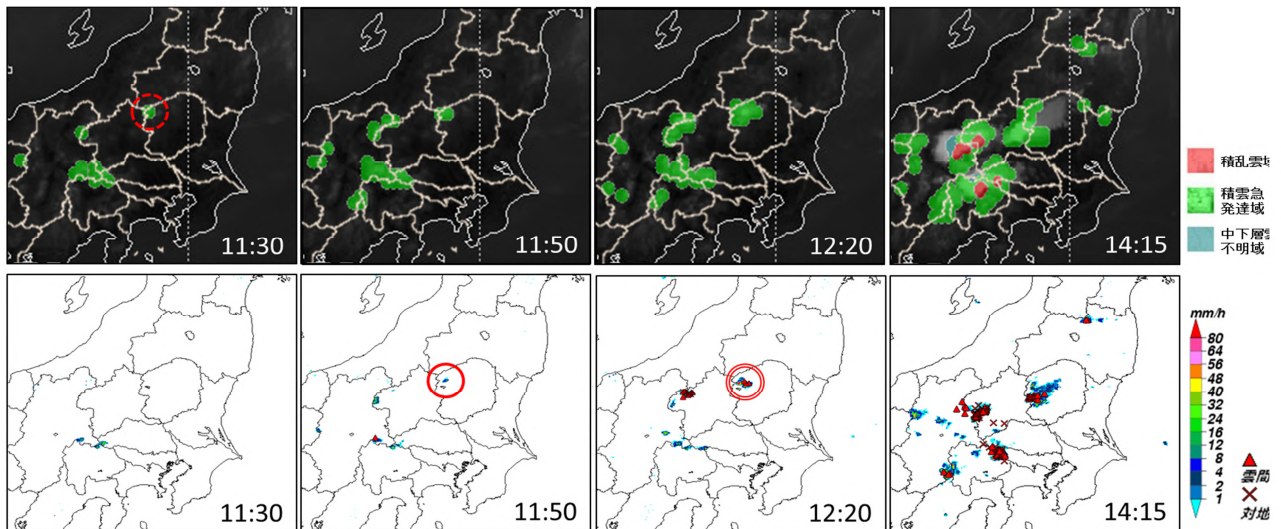
関東地方の山岳部の状況について、第3.4.5図に積乱雲情報プロダクト、レーダーエコー強度及び発雷分布を示す。群馬県と栃木県の県境付近において、積乱雲情報プロダクトで積雲急発達域が最初に検出されたのは、11時30分である。その20分後の11時50分にはレーダーエコー（赤丸内）、さらにその30分後の12時20分にはLIDENにより発雷が検知された（二重赤丸内）。14時15分になると、各地で積雲急発達域や積乱雲域が検出されており、激しい雷雨となっている領域と良く対応していることがわかる。

このように、積乱雲情報プロダクトは、特に夏季日中に熱雷が発生している領域を気象レーダーよりも早期に検出することが可能である。

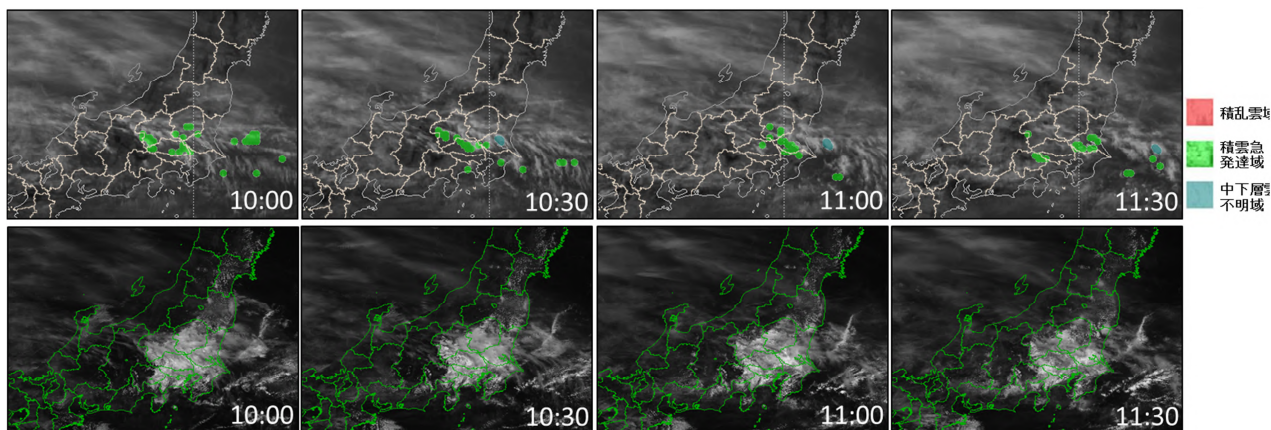
一方、第3.4.6図のように下層雲の上空を薄い上層雲が通過していく領域においては、雲頂の急上昇と誤判定し、積雲急発達域として検出されてしまうことがあるため、このような場合には取り扱いに注意が必要である。



第3.4.4図 地上天気図  
(2015年8月4日9時)



第3.4.5図 積乱雲情報プロダクト（上段）とレーダーエコー強度及び発雷分布（下段）の比較（2015年8月4日）



第3.4.6図 上層雲による積雲急発達域の誤検出事例（2016年6月6日）

### 3.4.6 まとめと今後の課題

孤立した積乱雲に伴う発雷に対しては、積雲急発達域として比較的精度良く事前に検出できているが、低気圧や前線の周辺等で、下層雲の上空を上層雲が通過するときには誤検出が多くなっているため、雲の追跡アルゴリズム等の精度向上が必要である。また、冬季雷については、夏季の熱雷とは発雷機構が異なることから、検出パラメータの見直しも含めたアルゴリズムのさらなる改良が必要である。

### 3.5 積乱雲の監視事例

#### 3.5.1 雲頂強調画像と積乱雲情報プロダクトの利用上の注意点\*

一般に降水の監視にはレーダーや解析雨量、アメダスの実況値等が使われるが、衛星画像を使用した実況監視も有効である。特に衛星の優位点は、広域の監視が行えることにあり、レーダー観測の範囲外から移動してくる雨雲の監視には効果的に利用できる。ただし、レーダーの降水エコーと衛星画像から解析される雨雲の形状などは観測している対象が違いため、必ずしも一致しないことに注意が必要である。

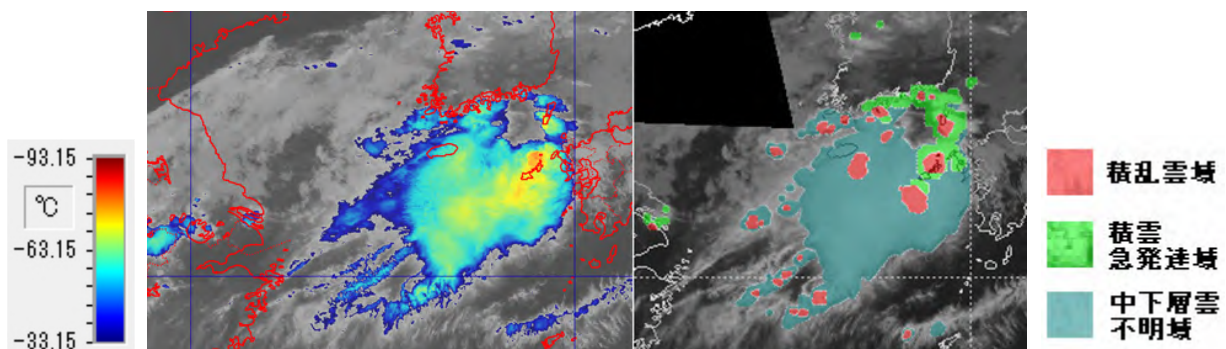
一方、府県単位のような狭域の監視にも衛星画像は利用できる。見逃しなどが無いよう、他の実況も併用して監視する必要があるが、雲頂強調画像は衛星画像を見慣れていない人でも発達した雲域がどの領域にあるのか判断しやすい。また、積乱雲情報プロダクトは積乱雲の位置や急発達中の積雲域を把握する手段として利用できる。3.3 節の解説のように衛星画像を狭域の監視や調査などに使用する場合は視差なども考慮に入れる必要がある。

なお、通常の監視では「衛星画像には視差がある」という認識は必要だが、あまり神経質に考える必要はない。特に複数の府県にまたがるような広域の監視では注目する雲域が積乱雲を含む雲域なのかを判断し、雲域の盛衰や移動などを監視することが重要である。

衛星画像を使って積乱雲を監視するには、RGB 合成画像や、以前から使ってきた赤外・可視画像などの利用が考えられるが、それぞれ一長一短がある。RGB 合成画像では可視画像や近赤外画像を使い日中の監視を中心に考えられたものが多い。日中の昇温などにより発生する積乱雲の監視には有効だが、積乱雲の発生は日中だけではない。そこで、24 時間連続して監視できる赤外画像（雲頂強調画像）と積乱雲情報プロダクト（3.4 節で解説）を使った方法を紹介する。

赤外画像は観測された輝度温度を画像の明暗で表し、輝度温度の低い雲は明るく（白く）、輝度温度の高い海面や地面は暗く（黒く）表示する。積乱雲は対流圏界面付近まで雲頂が達しているため、通常は上層雲などよりも輝度温度は低く、最も明るく（白く）表示される。しかし、同じように明るい（白い）画像を見て、どこが一番雲頂高度が高い、つまり輝度温度が低いのかを見分けるのは困難である。そこで、輝度温度の低い領域にだけ色を付け、微妙な変化でも色の違いで認識できるように考えられたのが、雲頂強調画像である。この雲頂強調画像は3.2.1 項で説明しているサンドイッチ画像とは違い、赤外画像だけを使い雲頂を強調したものである。

対流圏界面の高度は地域や季節などで変化する。青色から茶色までの色を付けた輝度温度の範囲は、240K ~ 180K としている。つまり、青色が付き始める輝度温度は 240K ( -33.15 )、茶色は 180K ( -93.15 ) 以下ということになる。画像を監視する場合は暖色系の色ほど輝度温度が低いと考えれば良い。（第 3.5.1 図（左）のカラースケール参照）



第 3.5.1 図 2017 年 8 月 9 日 7 時のカラースケール付きの雲頂強調画像（左）と積乱雲情報プロダクト（右）

\*山本 雅之（気象衛星センターデータ処理部解析課）



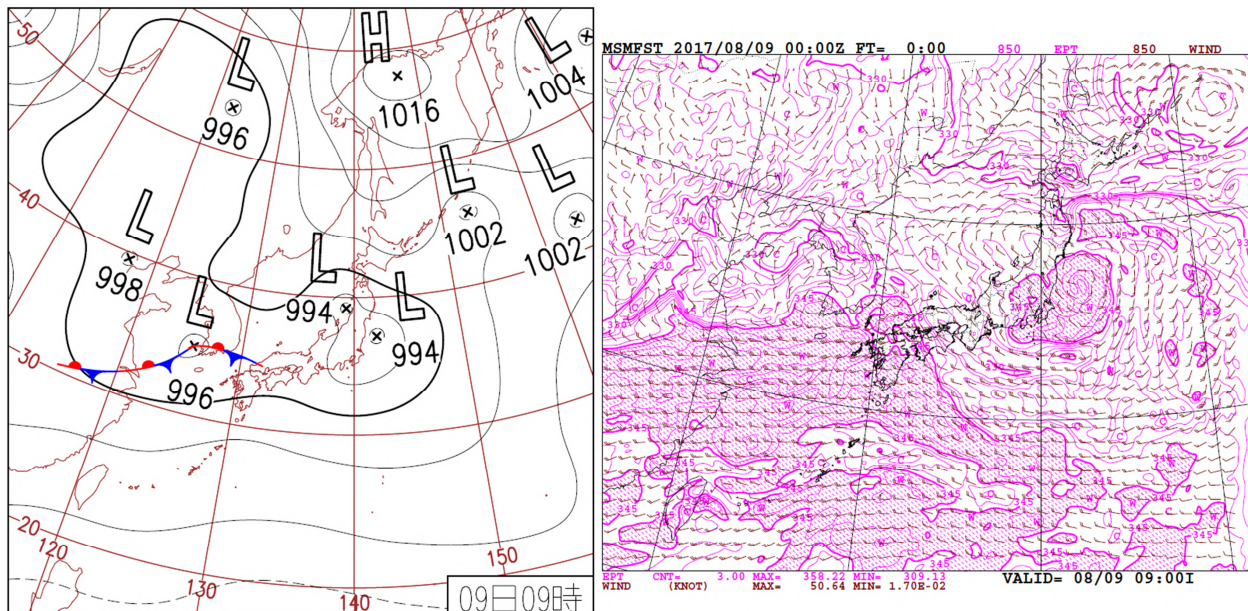
では、積乱雲を監視するときは何色に注目すれば良いだろうか。積乱雲を判別する決まった輝度温度があるわけではない。しかし、周辺に比べ特に輝度温度が低い領域は、積乱雲の発達により強い上昇流が起きているところである可能性が高いことや、上層雲に比べると一般的に積乱雲は輝度温度の時間変化が大きいことから、茶色から黄色までの暖色系の色の領域の変化や移動などを監視すれば良い。

ここで、3.4節で紹介した積乱雲情報プロダクトと雲頂強調画像（赤外）を比較してみよう。第3.5.1図は同時刻の雲頂強調画像と積乱雲情報プロダクトである。雲頂強調画像は赤外画像の輝度温度の低温域を強調した画像なので、積乱雲情報プロダクトと完全に一致するわけではない。しかし暖色系の領域と積乱雲情報プロダクトで積乱雲と判断された領域の対応は比較的良好いことがわかる。

### 3.5.2 積乱雲の監視事例（2017年8月8日～9日）\*

[ 中国大陸東岸から東シナ海を経て九州地方に接近する積乱雲 ]

日本付近はオホーツク海に中心を持つ高気圧と日本の南の高気圧との間の気圧の谷の中にあり、9日朝には黄海で低気圧が発生し、前線を伴って東に進んでいる（第3.5.2図）。



第3.5.2図 2017年8月9日9時の地上天気図（左）と同時刻初期値のMSM850hPa風と相当温位（右）

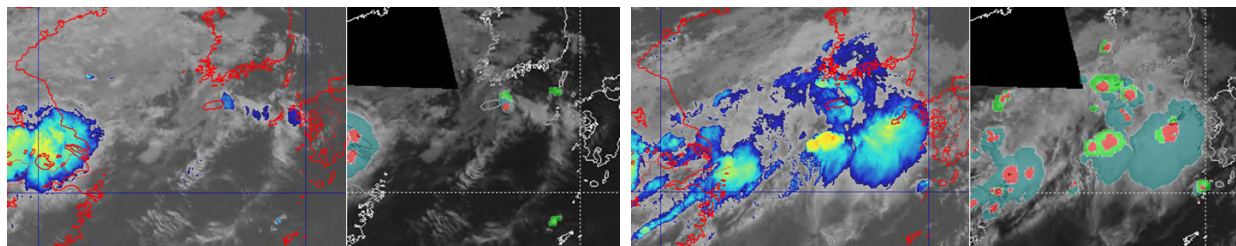
（右）図中のハッチは345K以上の領域

九州付近には、華中から東シナ海を経て下層暖湿気が流入しており、福岡の9日9時の高層観測では、850hPa相当温位345.6Kを観測している。華中から九州地方にかけては大気の状態が不安定となっていた。

8月8日9時から9日9時までの24時間で、中国大陸東岸付近で積乱雲が発生・発達し、九州付近に2度にわたり接近してきた。第3.5.3～3.5.5図は第3.5.1図と同様に同時刻の雲頂強調画像と積乱雲情報プロダクトを並べた図である。

\*山本 雅之（気象衛星センターデータ処理部解析課）

**【1度目の積乱雲接近：8月8日9時から20時頃】**



第3.5.3図 雲頂強調画像と積乱雲情報プロダクトを並べた図 8日9時(左) 8日19時(右)

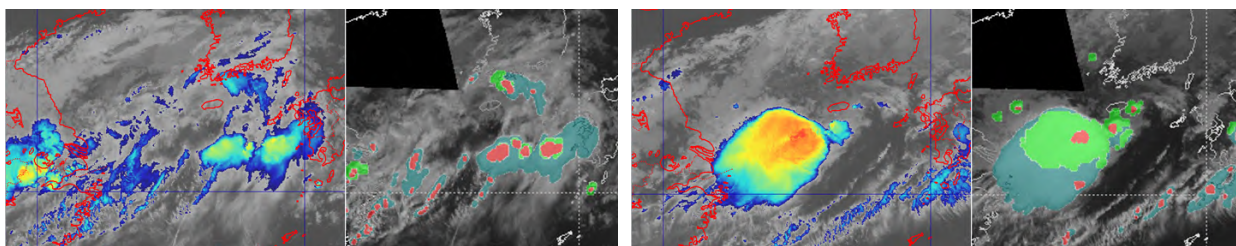
既に8日9時の時点で華中方面に活発な積乱雲域が発生している。雲頂強調画像ではこの様子が検知できているが、レーダー合成画像はまだ範囲外で、その様子はわからない。同一の雲が移動しているように見えるが、実際には雲域が進む前方(東側)で新たに積乱雲が発生し全体に東～東北東に移動している。12時50分頃に済州島付近で積乱雲が発生・発達し、30分後の13時20分にはレーダー合成画像の範囲に入ってきた(図略)。五島列島の福江のアメダスで降水が観測されたのは8日19時頃になってからであった。

このように、雲頂強調画像を用いれば、レーダーやアメダスで雨域を監視できる前から監視を強化して対応することができる。

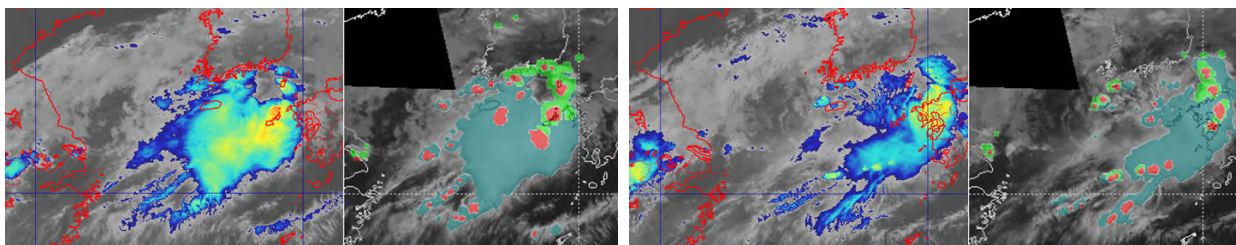
**【2度目の積乱雲接近：8月8日21時から9日9時頃】**

8日21時に華中方面において活発化している積乱雲域は、9日0時～3時頃にかけて直径が300～400kmの円形に近い雲域へと急速に発達した。3時頃から東端がレーダー合成画像の範囲に入ってきた。輝度温度で見ると3時以降は雲頂の輝度温度はやや上昇して雲頂高度の低下を示しているが、発達した積乱雲を伴って接近してきている。福江では6時～8時頃にかけて2時間あまりの間で14ミリの降水を観測した。

この積乱雲を含む雲域は、その後もあまり縮小せずに東に進み九州地方にかかってきた。



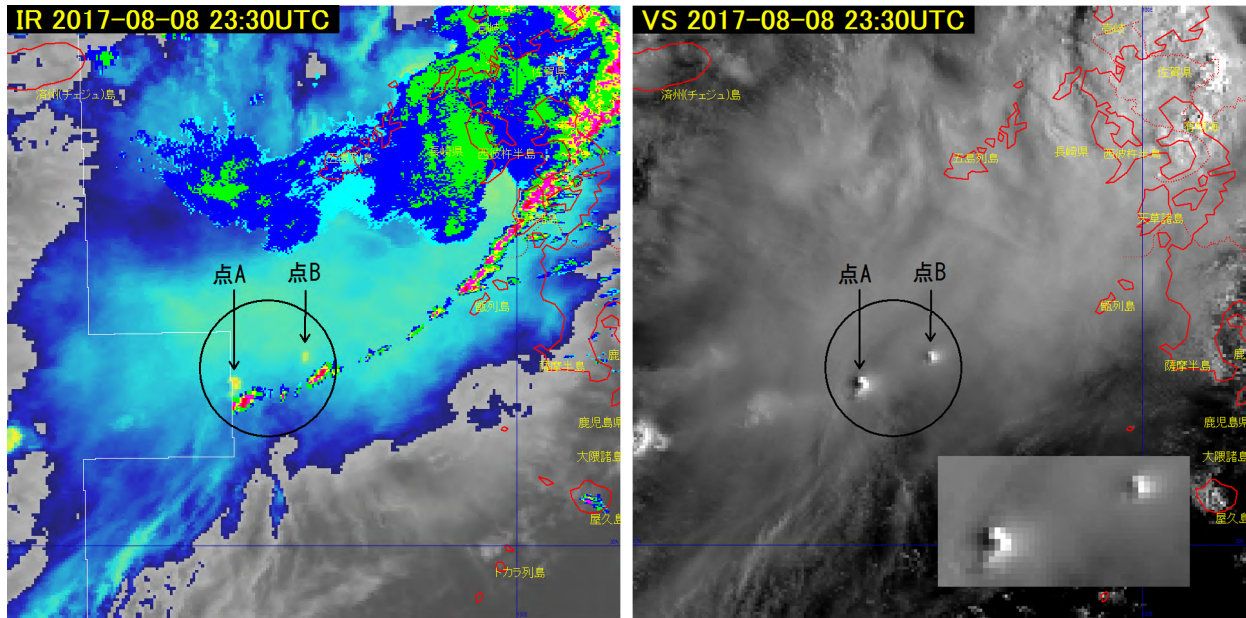
第3.5.4図 雲頂強調画像と積乱雲情報プロダクトを並べた図 8日21時(左) 9日3時(右)



第3.5.5図 雲頂強調画像と積乱雲情報プロダクトを並べた図 9日7時(左) 9日9時(右)

**【視差】**

積乱雲を含む雲域がレーダーの観測範囲に入った後も、雲頂強調画像や積乱雲情報プロダクトを使って監視を続けることはできる。その際には3.3節で解説した「視差」により、衛星から得られる情報とレーダーの観測との間に数 km の位置ずれがあることを考慮した監視が必要である。複数の府県にまたがる大きな領域では視差を考慮する必要性は低いが、活発な雲域に注目する時はおよその視差を加味した形で画像を確認すると良い。

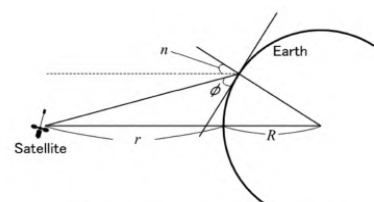


第 3.5.6 図 8 月 9 日 8 時 30 分の雲頂強調画像にレーダーエコーを重ねた図（左）と同時刻の可視画像（右）  
 黒い円内の雲域に注目する。（右）図中の右下は黒い円内を一部拡大した画像

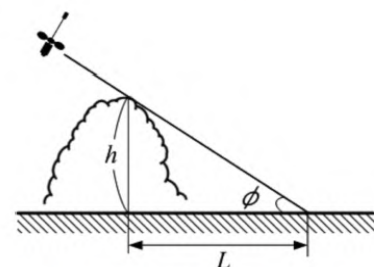
第 3.5.6 図（左）は雲頂強調画像にレーダーエコーを重ねたものである。九州地方から東シナ海にかけて線状にエコーが見られる。衛星画像では、第 3.5.6 図（右）のように可視画像で見てもレーダーエコーで見られるような線状の雲域を確認することはできないが、黒い円で示した中に白く輝く 2 つの突出した雲域が点のように見える。この部分は拡大すると太陽光が東から当たっていて、発達した積乱雲であると判断できる。この場所は雲頂強調画像では黄色から橙色に表示されている。

この 2 つの点は、線状のレーダーエコーに対応するものであると考えられるが、視差があることから位置がずれて見えていると考えられる。

3.3 節で紹介している、齊藤他（2013）の式を使用して視差の大きさを計算してみる。（注：この式は幾何学的関係（第 3.5.7 図）から求めた近似式である）



第 A2図 衛星とスキャン位置に関する幾何学的な関係を示す概念図。



第 A3図 積乱雲の雲頂  $h$  とそれに伴う間延び距離  $L$  を表す概念図。

**第 3.5.7 図 視差の概念図**

齊藤他（2013）より

$$L = \frac{(r+R) \sin n}{(r+R) \cos n - R} h$$

L：視差 r：地球表面から衛星までの距離

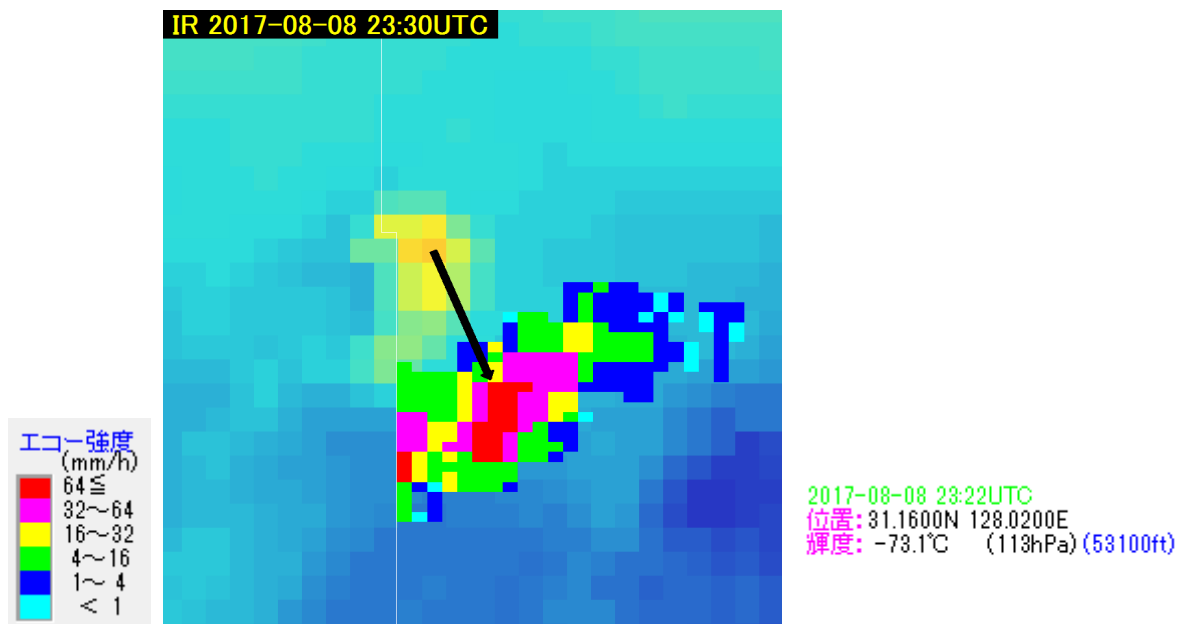
R：地球半径 n：衛星直下点を0度とした時の角度

h：雲の高さ

ひまわり8号の地球表面への投影位置は北緯0度、東経140.7度、r=35700km、R=6400kmである。

東シナ海の2つの雲域のうち点Aの雲域について、SATAID (Satellite Animation and Interactive Diagnosis) を使って位置と雲頂高度を計算すると、北緯31.16度、東経128.02度、雲の高さは53,100ft (16.185km) である。

視差について、東西・南北の成分に分けて考える。衛星直下点と東シナ海の雲域では、東西方向には12.68度、また南北方向には31.16度の角度差がある。従って視差の大きさは東西方向に約4.3km、南北方向に約11.9kmあることになる。ベクトル合成すると340度(北北西)約12.7kmの位置になる。第3.5.8図に示した黒い矢印が視差の大きさとなり、点Aと線状エコーが同じものであることが確かめられた。なお、視差補正をしてもエコー強度の強い部分と衛星画像の輝度温度が最も低い地点は完全に一致しないが、これは輝度温度から求めた雲頂高度の誤差や雲画像の観測時間とレーダー観測時間とのずれ、近似式や代入した衛星の位置などの誤差などによるものである。



第3.5.8図 雲頂強調画像とレーダーエコーを重ねた図(左)とSATAIDで測定した輝度温度情報(右)

(左) 図中の黒い矢印は雲の位置と高さ(右側の数値)を求め視差を計算し表示したもの

同じ場所に対する視差は雲の高さによる違いだけで大きさが決まる。第3.3.2図で自官署の緯度経度におけるおおよその視差を推定できるので、調査の際には考慮されたい。

### 3.5.3 積乱雲の監視事例(2017年8月3日~4日)\*

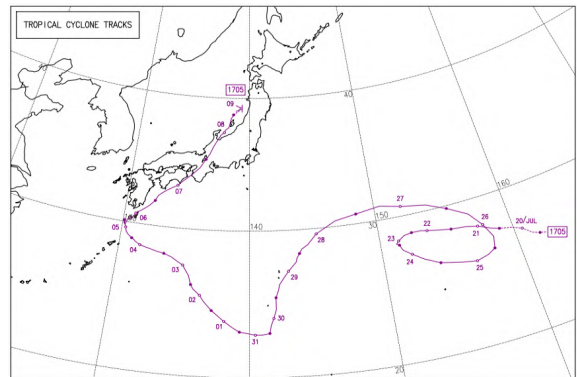
[日本の南から西日本に接近する台風に伴う積乱雲]

平成29年(2017年)台風第5号(Noru)は2017年7月20日21時に南鳥島の北東海上で発生し、8月8日21時に佐渡島付近で温帯低気圧に変わるまで、19日間と長寿の台風であった(第3.5.9図)。8月3日9時には日本の南海上にあって、中心気圧は945hPa、中心付近の最大風速は85ktであった(第3.5.10図)。ここでは、8月3日9時から4日9時にかけての台風に伴う積乱雲の監視について紹介する。

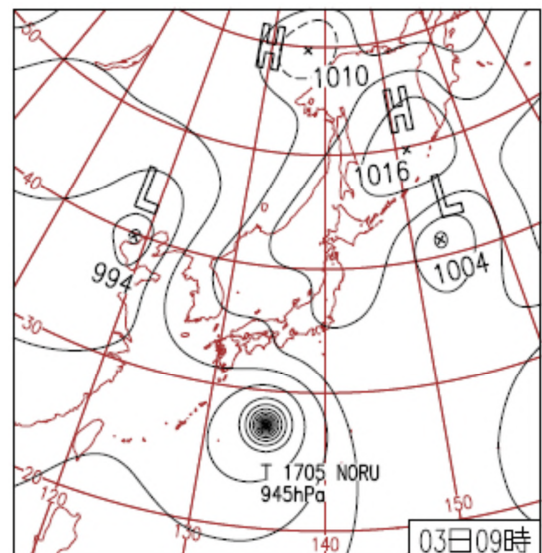
第3.5.11図はひまわり8号による衛星画像で、1段目が赤外画像(B13)、2段目が可視画像(B03)、3段目が赤外差分画像(B13-B15)、4段目がDay Convective Storm RGB合成画像、左列が3日9時、中列が3日15時、右列が4日9時となっており、眼の周りをバンド状の雲域が取り囲んでいる。

3日9時で北側の雲域Aは、赤外画像では主に白色で表示され、可視画像では半透明、赤外差分画像では主に黒色で表示されていることから上層雲主体の雲域であることがわかる。眼を取り囲むバンド状の雲域Bはいずれの画像でも主に白色で表示され、RGB合成画像では主に赤色~黄色で表示されていることから積乱雲域であることがわかり、黄色で表示されている雲域は特に対流活動が活発であることを示す。眼の中の雲域Cは、赤外画像では暗い灰色で表示され、可視画像や赤外差分画像では白色で表示されていることから雲頂高度が低い下層雲域であることがわかる。

3日15時で眼を取り囲む雲域の一部(雲域D)は、赤外画像と赤外差分画像では主に白色で表示され、RGB合成画像では赤色で表示されていることから積乱雲が発達しているように見える。しかし、可視画像では半透明である雲域を含むので上層雲が主体となっていて、積乱雲はその一部が衰弱している。4日9時の赤外画像、可視画像、赤外差分画像で、眼を取り囲む雲域の一部(雲域E)が更に白色を増しながら広がり、RGB合成画像では黄色で表示されていることからその部分の積乱雲は発達していることがわかる。このように、画種の異なる画像を比較することで積乱雲を判別し、画像の時間変化により積乱雲の衰弱や発達を監視することができる。

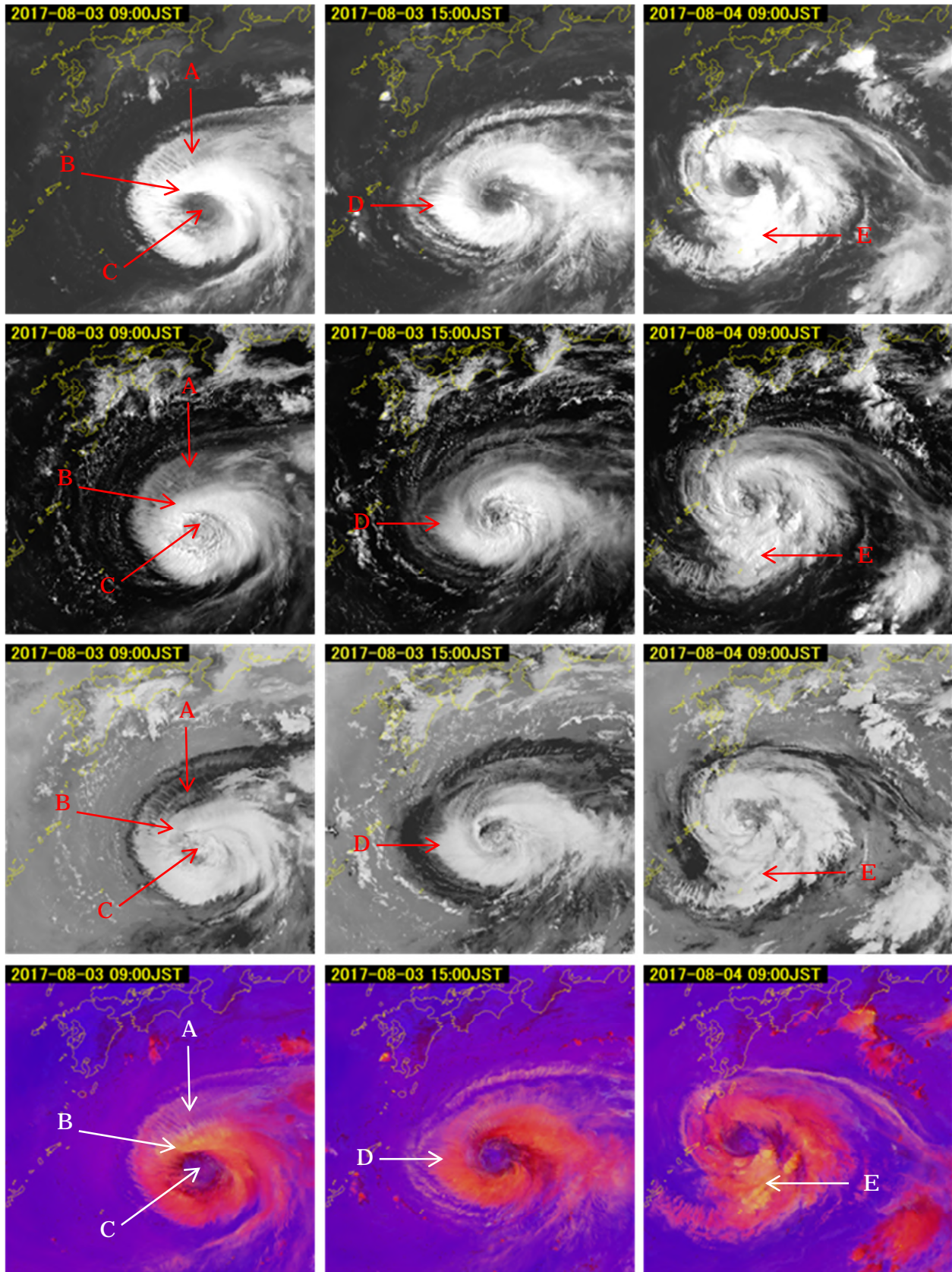


第3.5.9図 2017年台風第5号の経路図



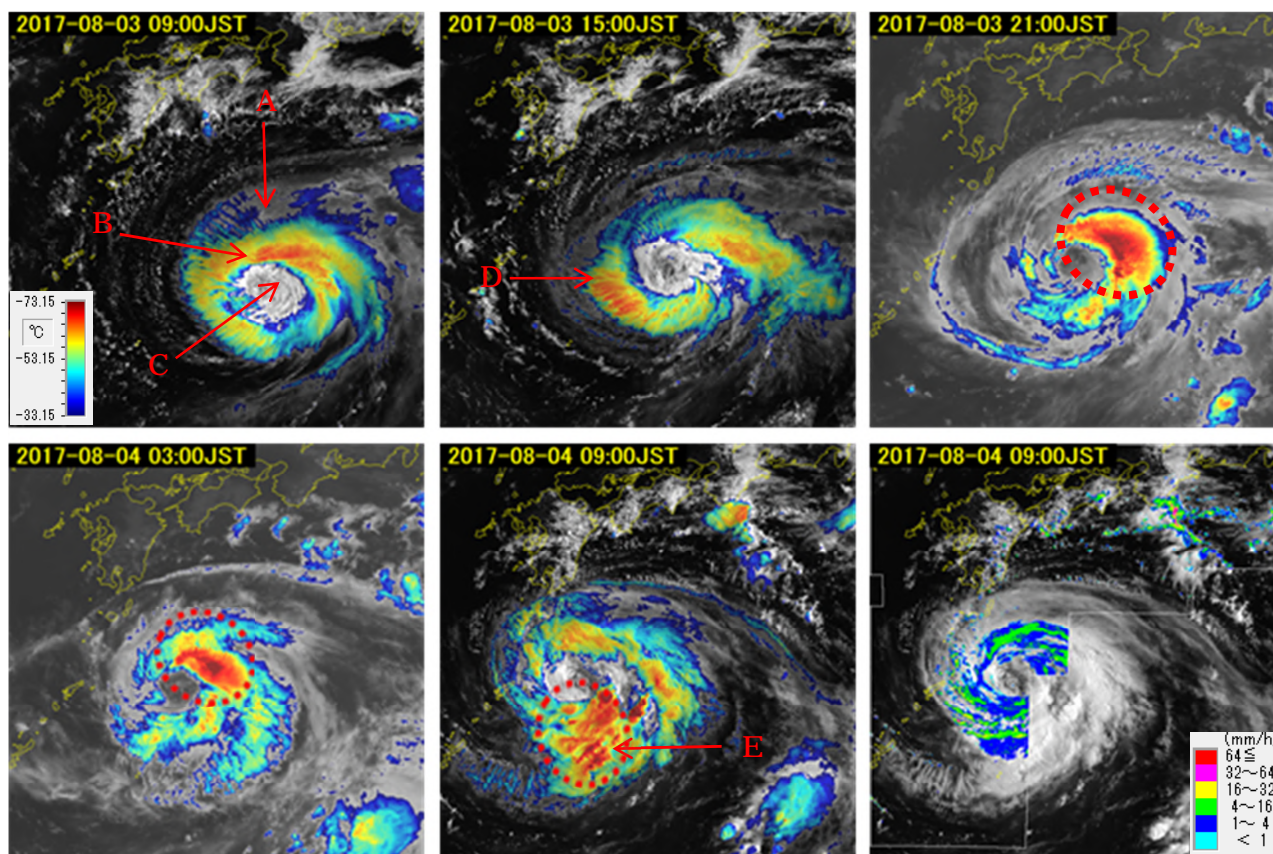
第3.5.10図 地上天気図(2017年8月3日9時)

\*佐々木 勝(気象衛星センターデータ処理部解析課)

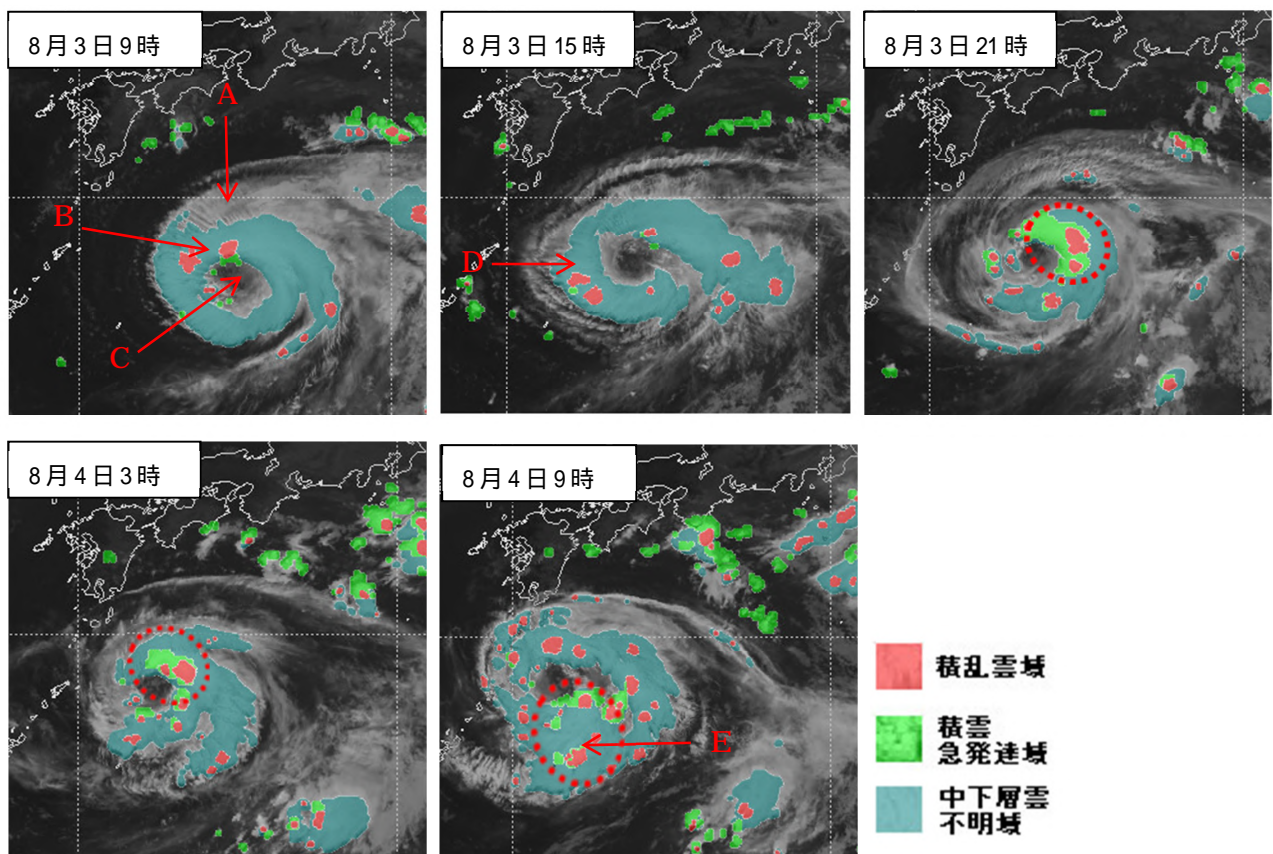


第 3.5.11 図 ひまわり 8 号の衛星画像 (2017 年 8 月 3 日 9 時~4 日 9 時)

1 段目 : 赤外画像 ( B13 )、2 段目 : 可視画像 ( B03 )、3 段目 : 赤外差分画像 ( B13-B15 )、  
 4 段目 : Day Convective Storm RGB 合成画像



第3.5.12図 雲頂強調画像（2017年8月3日9時～4日9時） 右下：レーダー合成画像（4日9時）



第3.5.13図 積乱雲情報プロダクト（2017年8月3日9時～4日9時）

第 3.5.12 図は 8 月 3 日 9 時から 4 日 9 時までの 6 時間毎の雲頂強調画像 (3.2.1 項参照) と 4 日 9 時のレーダー合成画像、第 3.5.13 図は同じく 8 月 3 日 9 時から 4 日 9 時までの積乱雲情報プロダクト (3.4 節参照) である。雲頂強調画像で輝度温度が急速に低くなっているところ (図中の破線丸印) は発達した積乱雲域で、積乱雲情報プロダクトでも積雲急発達域として比較的良好に表現されている。

3 日 9 時の雲頂強調画像では、第 3.5.11 図の雲域 B に相当するところの輝度温度はかなり低く、雲頂高度が高いことが表現されている。従って、積乱雲が発達していることがわかるほか、積乱雲情報プロダクトでも積乱雲域を示す赤色として表現されている。

3 日 15 時の雲頂強調画像では、第 3.5.11 図の雲域 D に相当するところも輝度温度はかなり低く、積乱雲情報プロダクトでも赤く表現されている。しかし、第 3.5.11 図の説明で示したように、赤く表現されているのは上層雲が主体で、積乱雲が発達しているわけではない。

4 日 9 時の雲頂強調画像では、第 3.5.11 図の雲域 E に相当するところは急速に輝度温度が低くなり、積乱雲情報プロダクトでも急発達域として表現されていることから積乱雲が発達していることがわかる。

以上のことから、台風に伴う雲域がレーダー観測範囲外にある場合でも雲頂強調画像や積乱雲情報プロダクトなどの客観資料を経過観察することで積乱雲の盛衰や移動などの動向を把握できる。そのほかに赤外画像、可視画像や赤外差分画像なども併用して積乱雲か否かを判別することも監視上重要である。

ただし、3.3 節で説明されているように衛星画像には雲頂高度による視差が生じるため、衛星画像で見られる積乱雲域と強雨域の位置ずれも考慮する必要がある (第 3.5.14 図)。例えば、4 日 9 時の積乱雲情報プロダクトにおける雲域 E の積乱雲域の輝度温度は  $-70$  以下で雲頂高度は約  $15\text{km}$  に達するため、その南東へ  $10\text{km}$  ほどずらしたところに強雨域が対応すると考えられる。



第 3.5.14 図 視差の大きさ (雲頂高度  $15\text{km}$  の場合) と方向の代表例



### 3.6 おわりに\*

今回の予報技術研修テキストは、ひまわり 8 号の各種衛星画像を利用した積乱雲の監視について取り上げた。ひまわり 8 号では、高解像度、高頻度観測の画像が得られ、小規模スケールや短時間に変化する気象現象が詳細に把握できるようになった。また衛星センサーの多バンド化により、各種 RGB 合成画像等のカラー画像も利用できるようになった。上記のようなひまわり 8 号の利点は、局所的で短時間に変化する積乱雲やシビア現象などの監視においていっそうその威力を発揮する。これまでのひまわり 6 号・7 号の観測では捉えられなかった現象が、新たに捉えられる可能性が出てきた。

また、発達して雲頂高度が高くなる積乱雲の監視では、「視差」の影響も無視できない。特にレーダーや LIDEN などの観測データを併用して利用する場合には、「視差」の影響も考慮して取り扱う必要がある。

ところで、高頻度観測の画像から作成した「積乱雲情報プロダクト」は、積乱雲監視において有力なツールになる。この衛星プロダクトを有効に活用することは、積乱雲監視作業の効率化にもつながると期待される。最後の節には、具体的な積乱雲の監視事例を紹介した。これについても参考にさせていただき、ひまわり 8 号の新しい衛星画像やプロダクトについて、いっそう理解を深めていただければ幸いである。

#### 参考文献

- 寺坂義幸, 2016: ひまわり 8 号 RGB 合成画像の基礎. 平成 27 年度予報技術研修テキスト, 気象庁予報部, 123-136.
- 寺坂義幸, 2017: ひまわり 8 号 RGB 合成画像による霧の監視. 平成 28 年度予報技術研修テキスト, 気象庁予報部, 101-114.
- Murata, H., 2016: Himawari-8 True Color Reproduction Image, RA II WIGOS Project Newsletter Vol. 7, No.2, 7-10. ([http://www.jma.go.jp/jma/jma-eng/satellite/ra2wigosproject/documents/RA\\_II\\_WIGOS\\_Newsletter\\_Vol7\\_No2.pdf](http://www.jma.go.jp/jma/jma-eng/satellite/ra2wigosproject/documents/RA_II_WIGOS_Newsletter_Vol7_No2.pdf))
- 齊藤洋一, 小林文明, 桂啓仁, 高村民雄, 鷹野敏明, 操野年之, 2013: ラピッドスキャンデータで見た積乱雲の一生, 天気, 60, 247-260.
- Sumida Y., H. Suzue, T. Imai, and A. Sobajima, 2017: Convective cloud information derived from Himawari-8 data. Meteorological Satellite Center technical note, 62, 19-37.

---

\*寺坂 義幸 (気象衛星センターデータ処理部解析課)

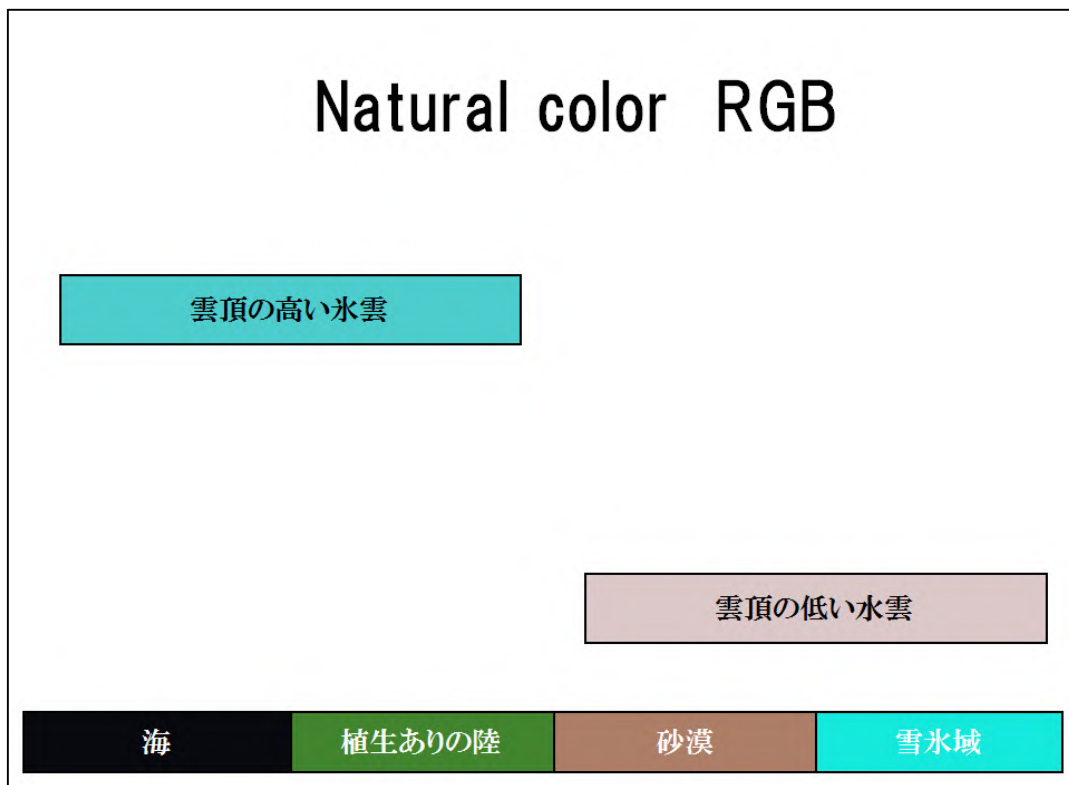
付録3

ひまわり8号・9号の観測バンド

バンド		中心波長 ( $\mu\text{m}$ )	ひまわり 6号・7号 相当	解像度 衛星直下点 (km)	階調数	用途
1	可視	0.47	VIS	1	2,048	植生、エアロゾル
2		0.51				植生、エアロゾル
3		0.64		下層雲・霧、植生		
4	近赤外	0.86		1	2,048	植生、エアロゾル
5		1.6		2		雲相判別
6		2.3				雲粒有効半径
7	赤外	3.9	IR4	2	16,384	下層雲・霧、自然火災
8		6.2	WV		2,048	上層水蒸気量
9		6.9			4,096	上・中層水蒸気量
10		7.3			4,096	中層水蒸気量
11		8.6			4,096	雲相判別、SO <sub>2</sub> 検出
12		9.6			4,096	オゾン全量
13		10.4	IR1		4,096	雲画像、雲頂情報
14		11.2				雲画像、海面水温
15		12.4	IR2			雲画像、海面水温
16			13.3			2,048

積乱雲監視に利用する RGB 合成画像の色解釈

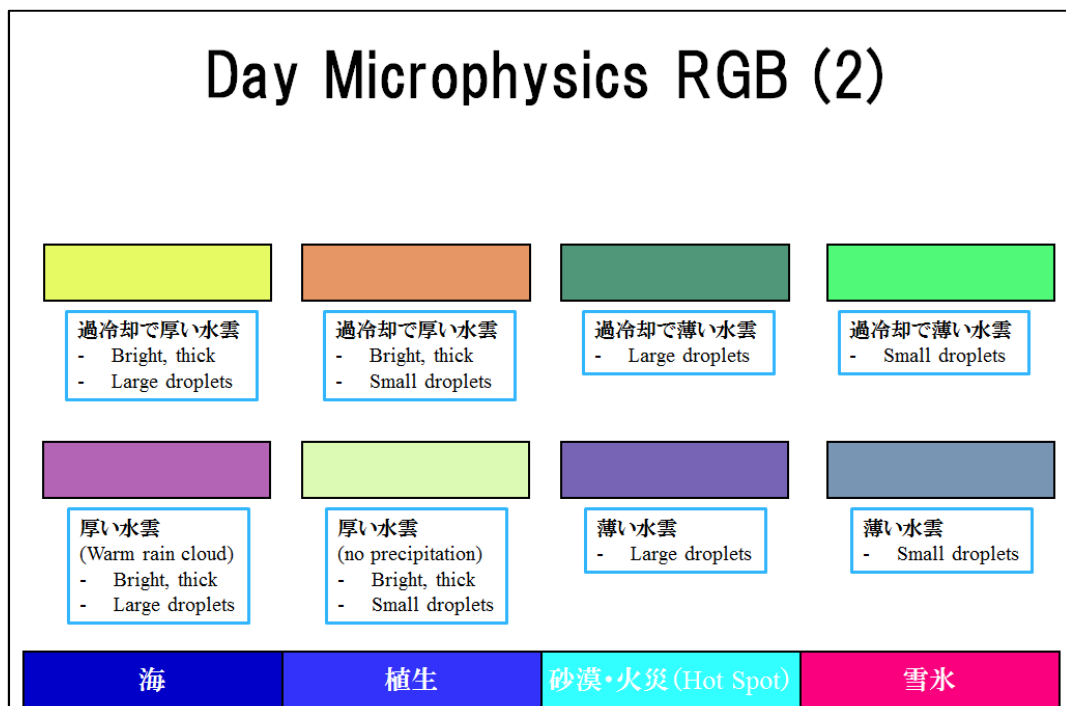
以下には、EUMETSAT で作成された各種 RGB 合成画像の色解釈(参考文献参照)の和訳版を示す。



## Day Microphysics RGB (1)



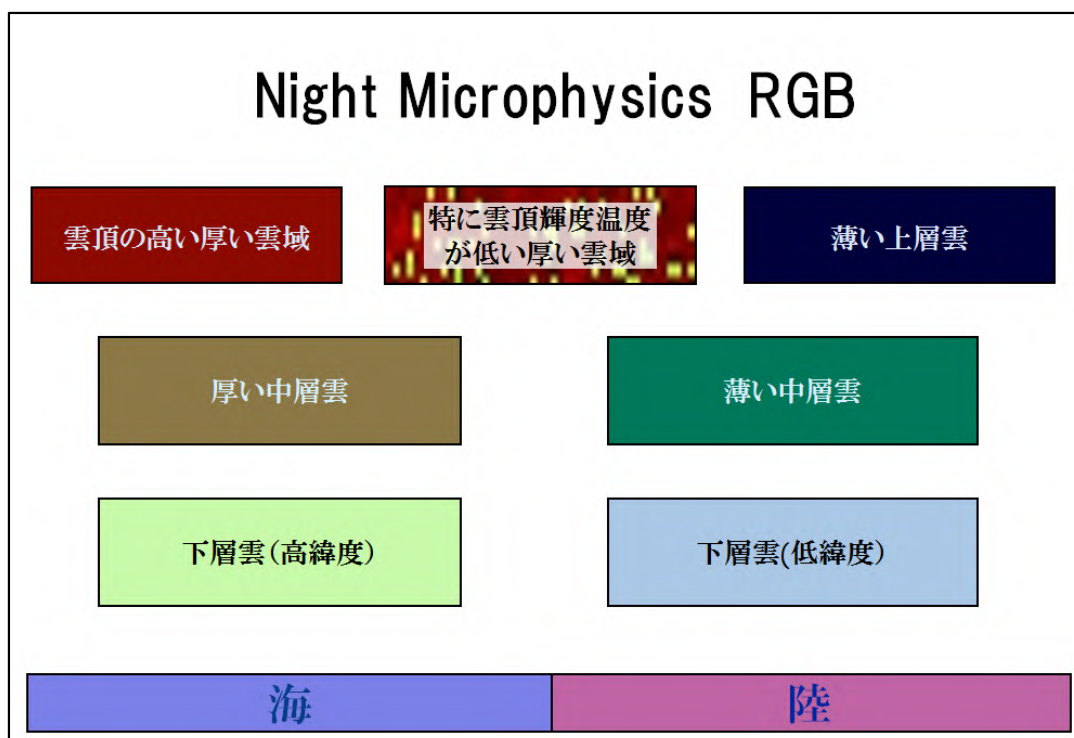
## Day Microphysics RGB (2)



## Day convective storm RGB



## Night Microphysics RGB



### 参考文献

EUMETSAT MSG Interpretation Guide

([https://www.eumetsat.int/website/home/Data/Training/TrainingLibrary/DAT\\_2044069.html](https://www.eumetsat.int/website/home/Data/Training/TrainingLibrary/DAT_2044069.html))

最終閲覧日 2017年12月18日