

気象衛星観測の基礎と ひまわり8号の多バンド観測の活用

見慣れた衛星画像は、何を観測して
いるのかを再確認する

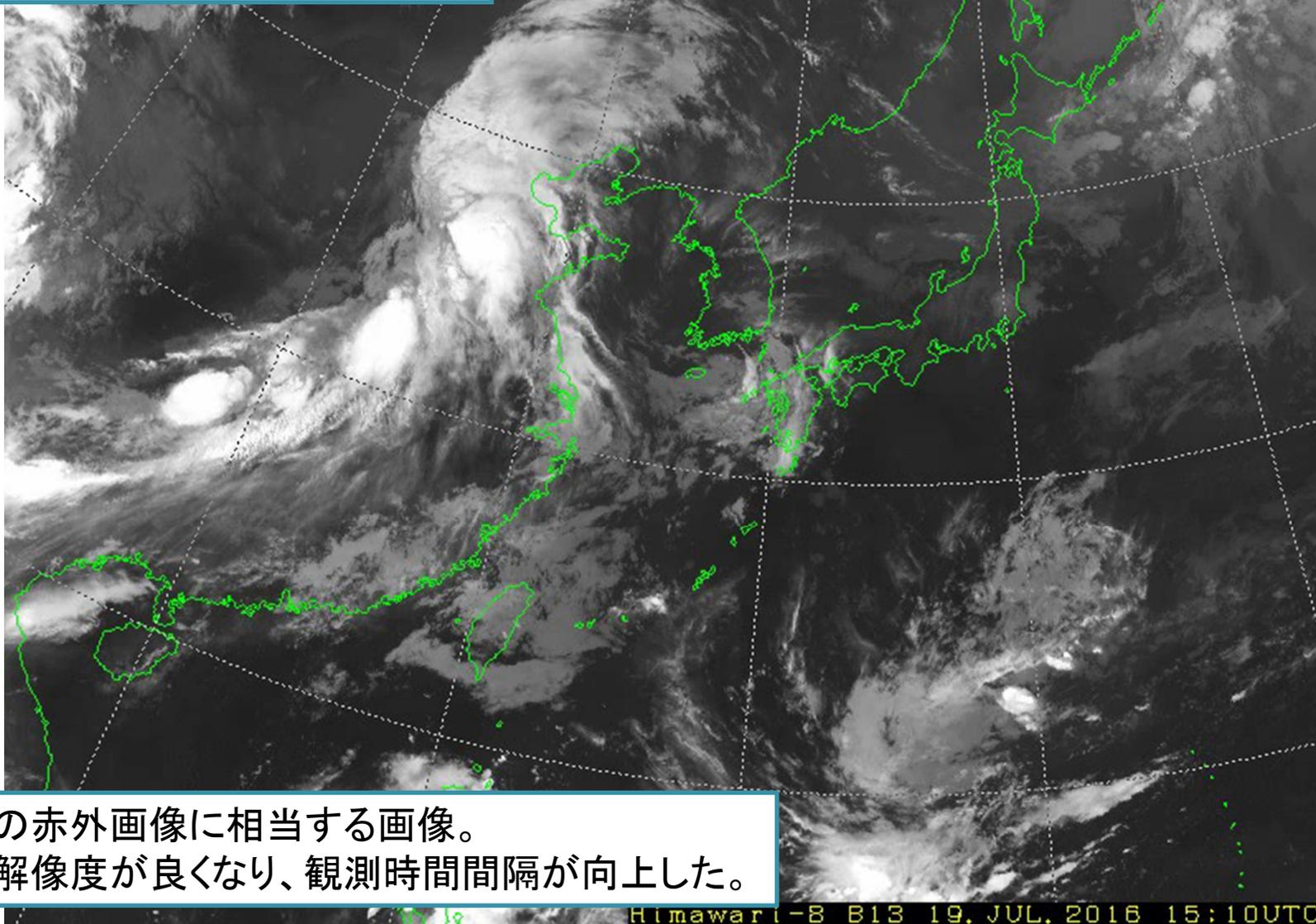


2014 *HIMAWARI-8*

2016 *HIMAWARI-9*

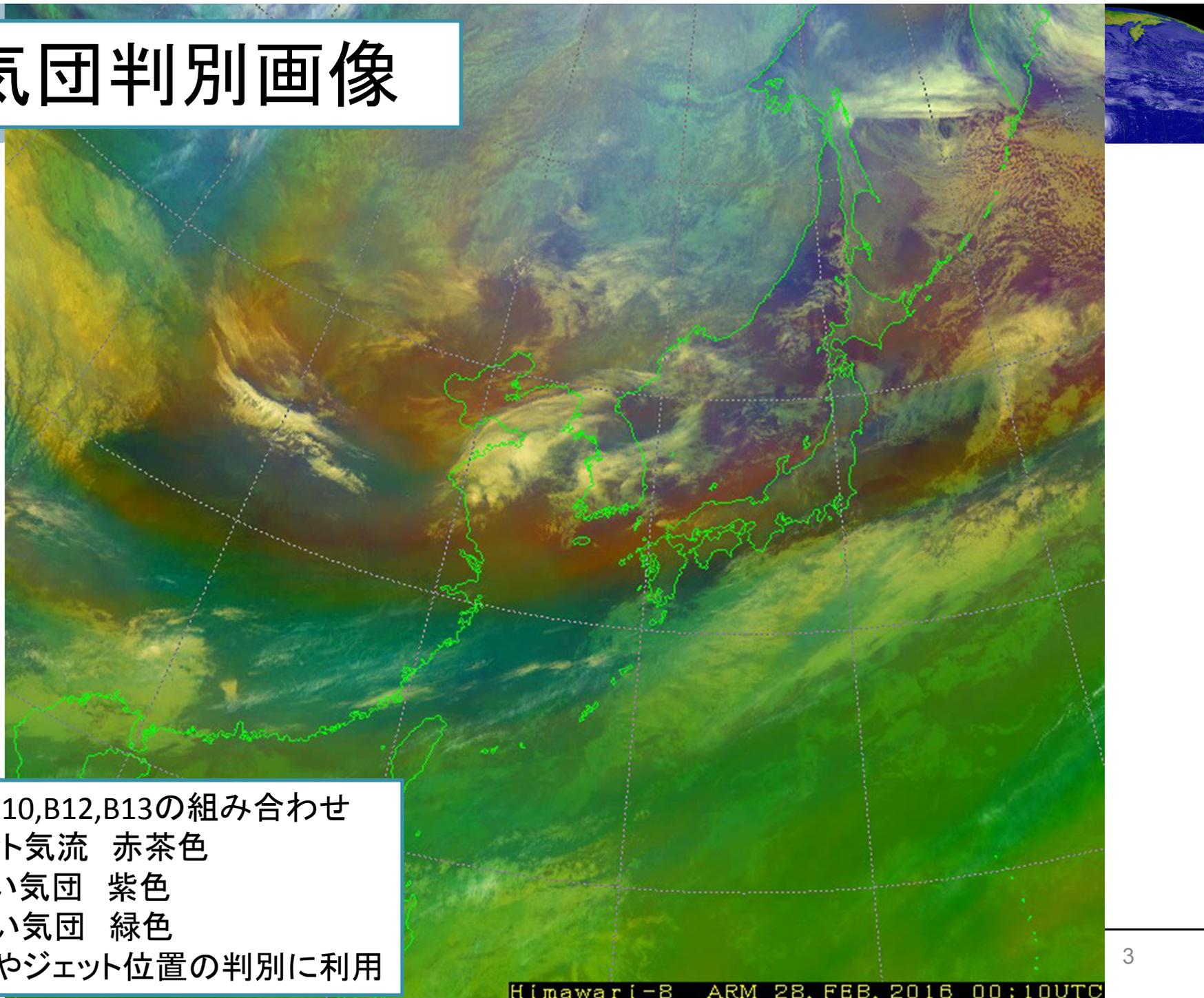
ひまわり8号の観測画像例

赤外画像 (B13)



従来の赤外画像に相当する画像。
水平解像度が良くなり、観測時間間隔が向上した。

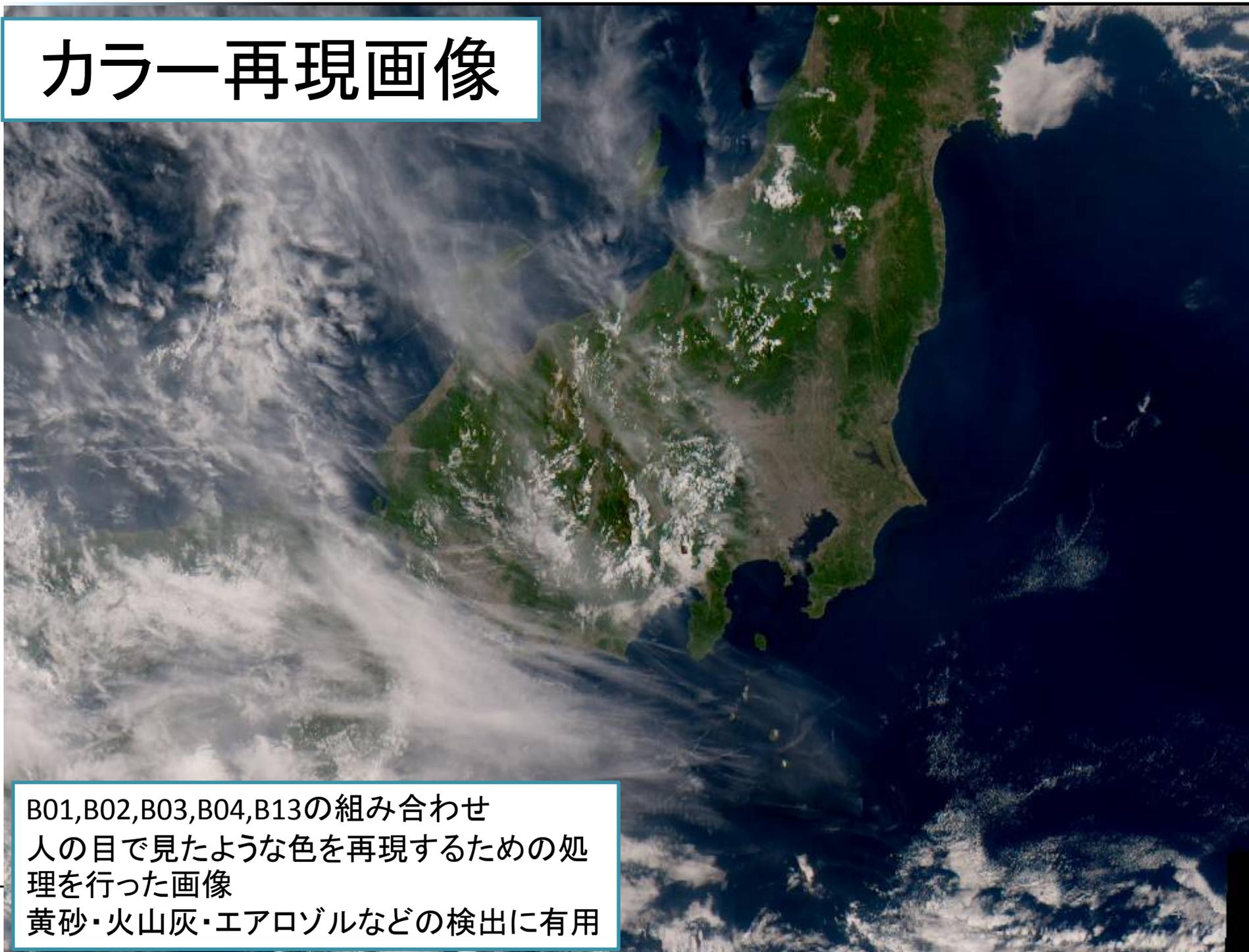
気団判別画像



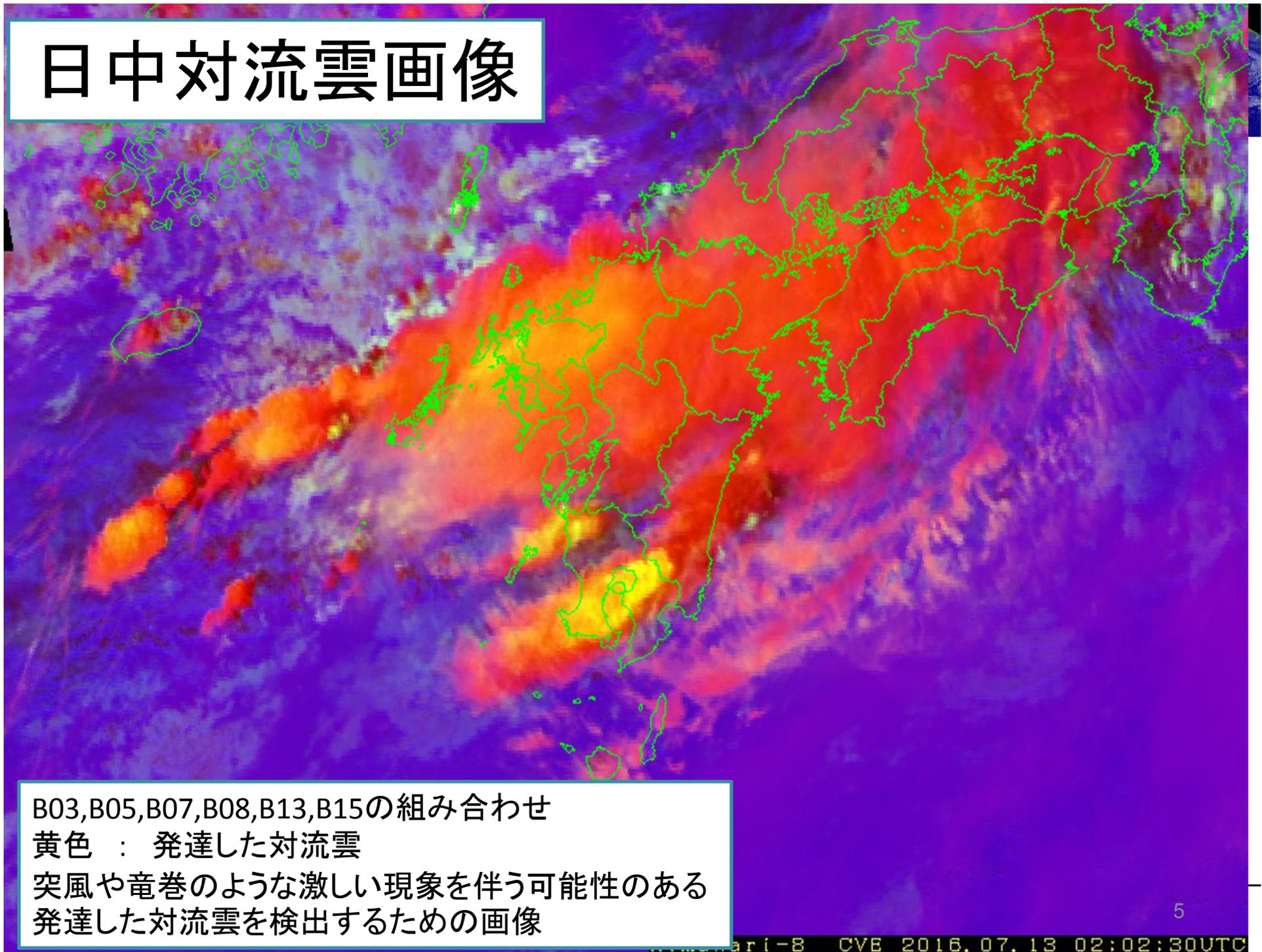
B08,B10,B12,B13の組み合わせ
ジェット気流 赤茶色
冷たい気団 紫色
— 温かい気団 緑色
気団やジェット位置の判別に利用

カラー再現画像

B01,B02,B03,B04,B13の組み合わせ
人の目を見たような色を再現するための処
理を行った画像
黄砂・火山灰・エアロゾルなどの検出に有用



日中对流雲画像



昼/夜雲解析画像

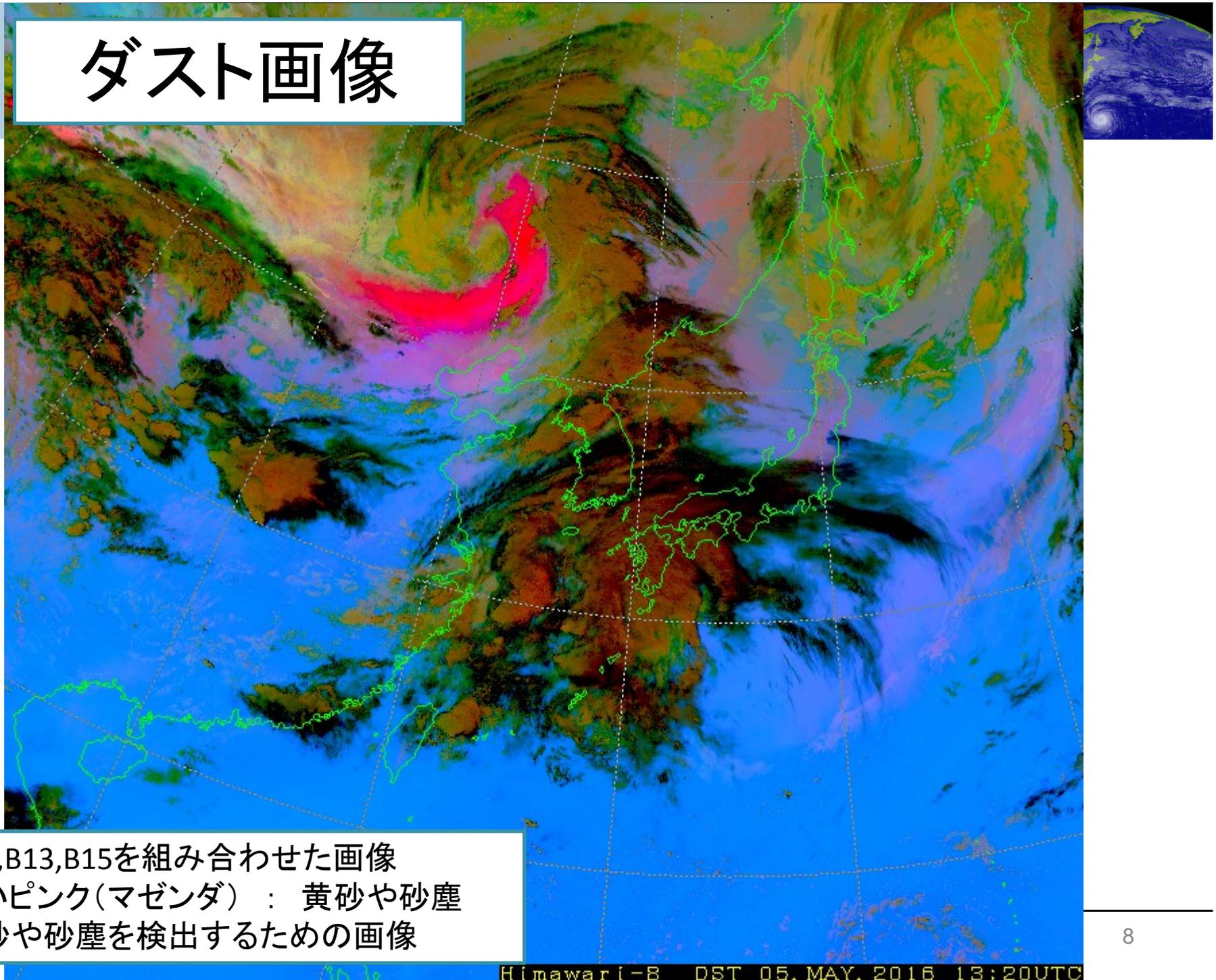
B04,B07,B13と
B07,B13,B15を
組み合わせた画像

霧を含む下層雲の
検出に有用

日中自然色画像

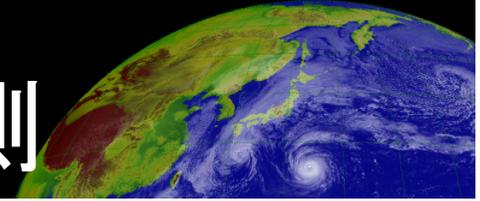
B03,B04,B05を組み合わせた画像
地表面(積雪・海氷、植生の有無)や雲相
(氷雲・水雲)の判別に有用

ダスト画像



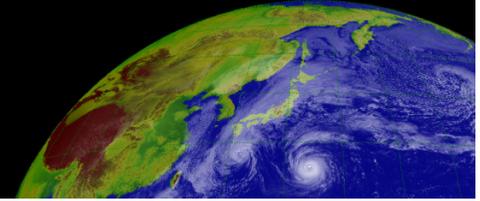
B11,B13,B15を組み合わせた画像
濃いピンク(マゼンダ) : 黄砂や砂塵
黄砂や砂塵を検出するための画像

ひまわり8号の多バンド観測



- 観測するバンド(チャンネル)が増加
- 多数のバンドを組み合わせることで、多くの情報を抽出可能
- 多数のバンドの観測を活用するために、
 - 気象衛星の観測の仕組み
 - 複数のバンドの利用方法の紹介を行います。

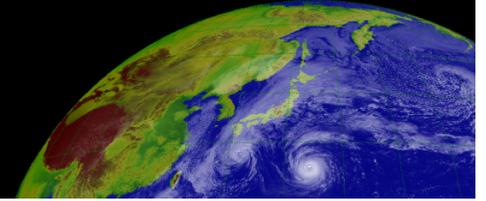
目次



- 衛星が観測するもの
 - 電磁波とは？
- 電磁波の射出・吸収・散乱

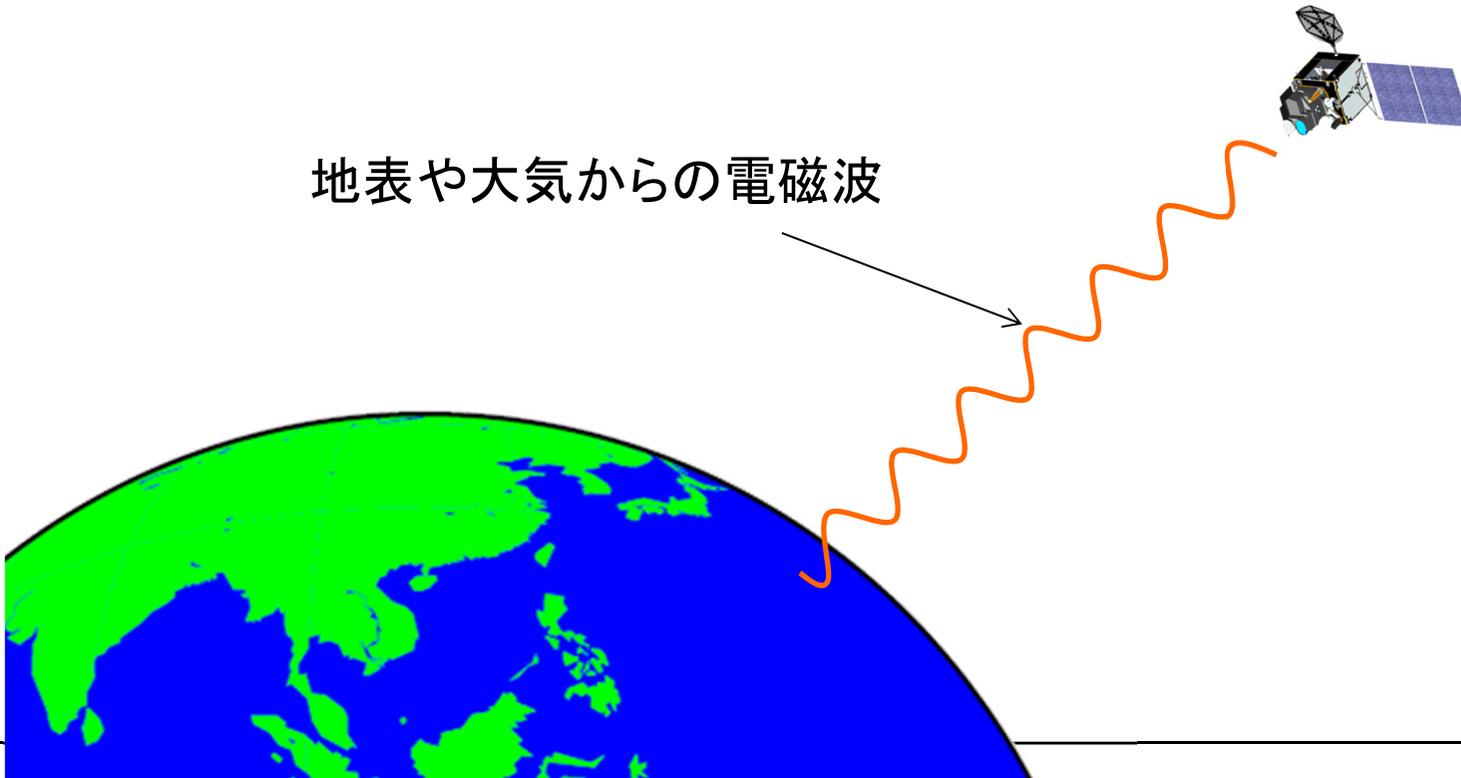
- 衛星画像の見え方
 - 基本の赤外画像と可視画像
 - 多バンド観測での見え方
 - RGB合成画像

衛星が観測するもの

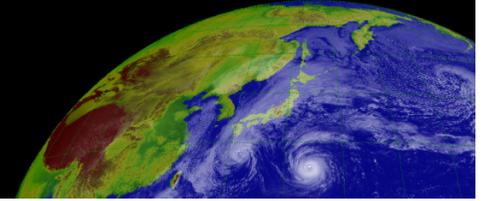


- 地表や大気からの**電磁波の放射**を、
宇宙から観測する。
(リモートセンシング)

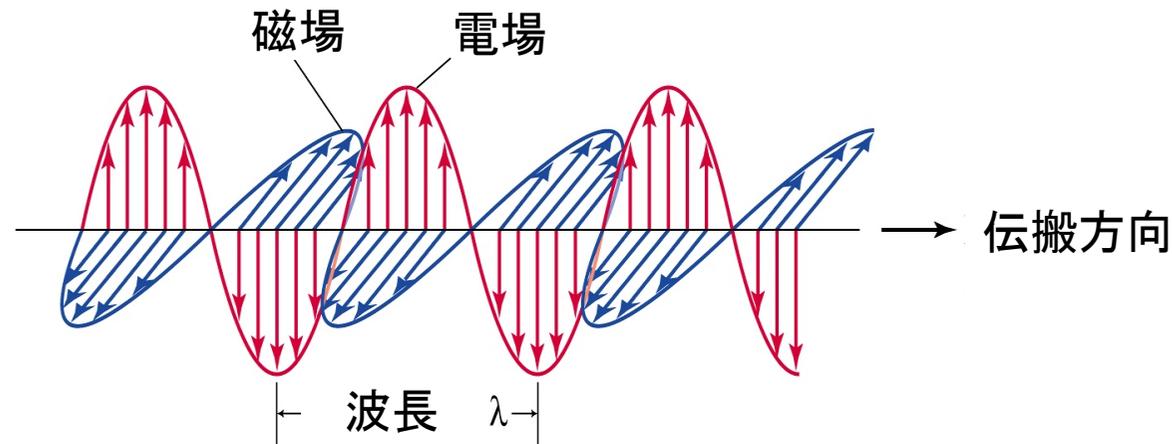
地表や大気からの電磁波



電磁波とは何か



電磁波とは、空間の電場と磁場の変化によって形成される**波(波動)**である。



電磁波は**エネルギーを伝搬**することができる。

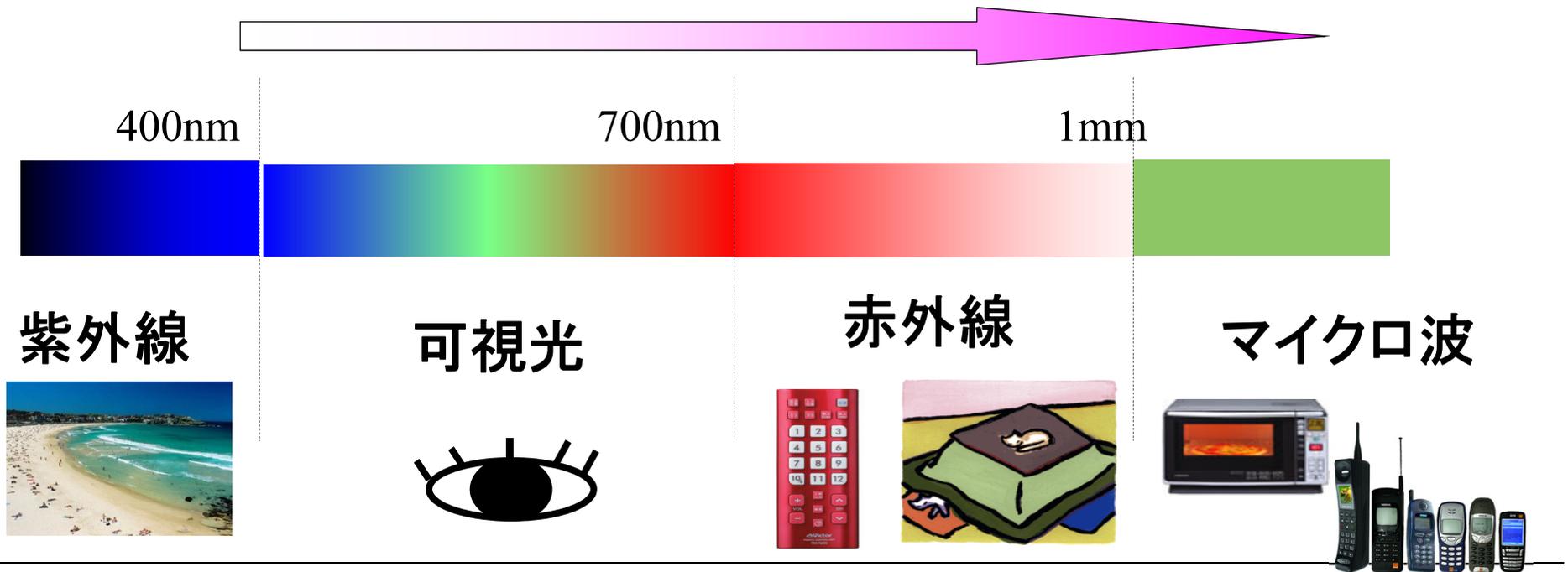
電磁波のいろいろな波長

$$c = \nu \lambda$$

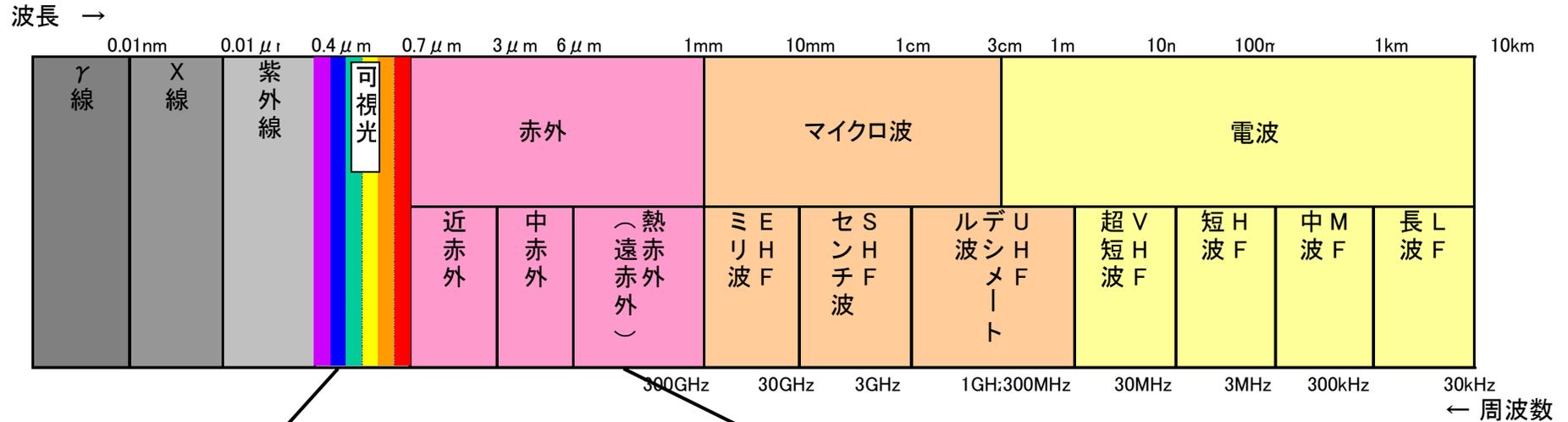
c : 真空中の光速 (=2.9979 x 10⁸ [ms⁻¹])
 ν : 振動数 [Hz=s⁻¹]
 λ : 波長 [m]

波数 (m⁻¹, cm⁻¹) で表すこともある。

波長短い  波長長い



ひまわり8号が観測する波長

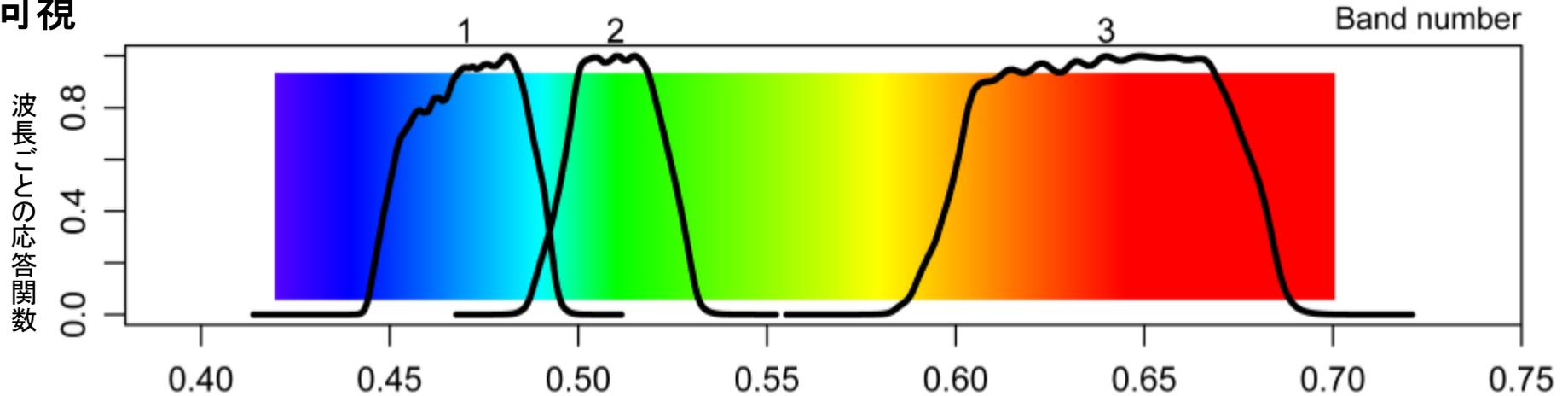


この範囲の一部を観測する。

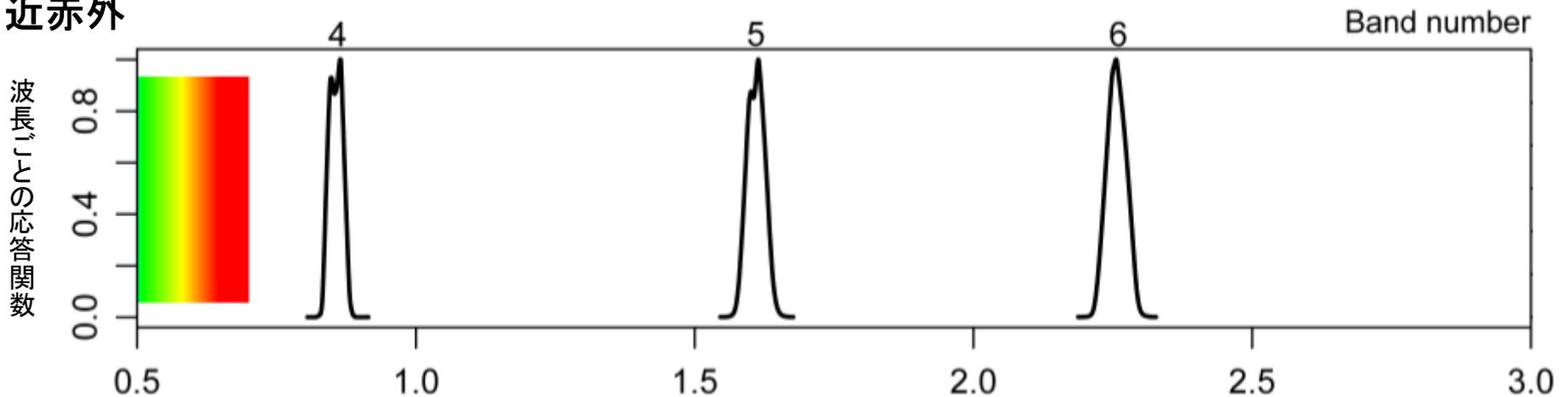
ひまわり8号の可視・近赤外バンド

AHI 可視・近赤外域の正規化した波長応答関数

可視



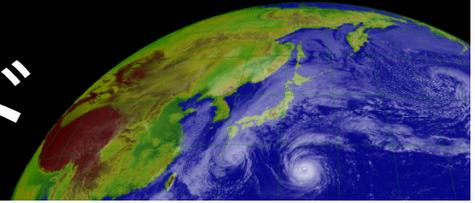
近赤外



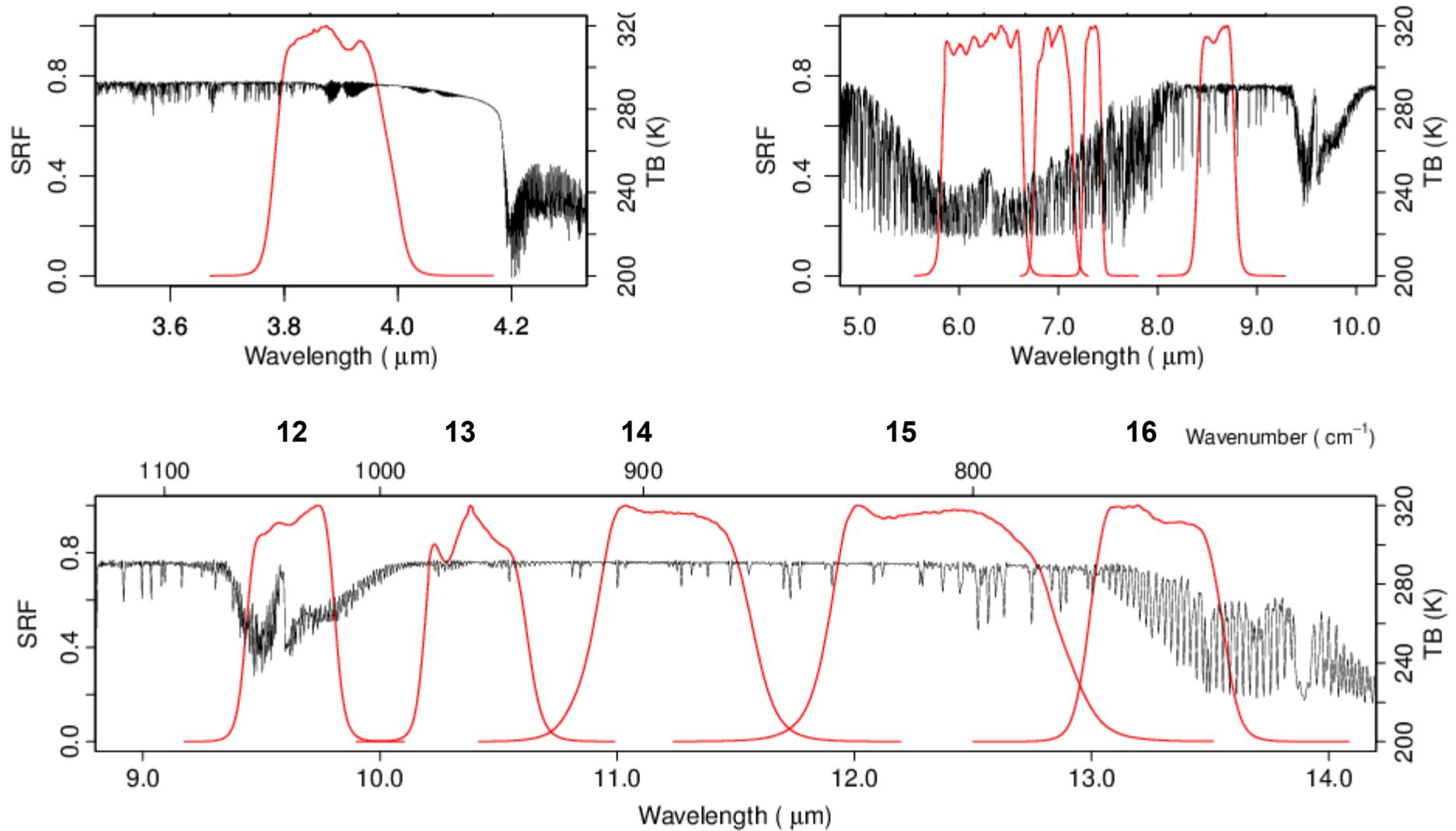
RGB VALUES FOR VISIBLE WAVELENGTHS

<http://www.physics.sfasu.edu/astro/color/spectra.html>

ひまわり8号の赤外バンド

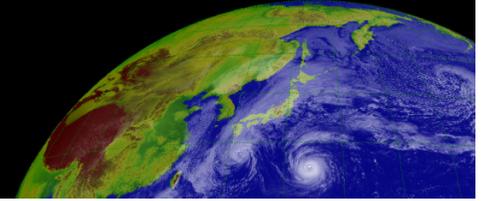


7 AHI 赤外域の正規化した波長応答関数



黒の実線は、1976 米国標準大気を用いて、高分解能大気放射伝達モデル(LBLRTM)により求めた晴天時の大気上端の温度(AHIが観測すると推定する温度)を示したものである。

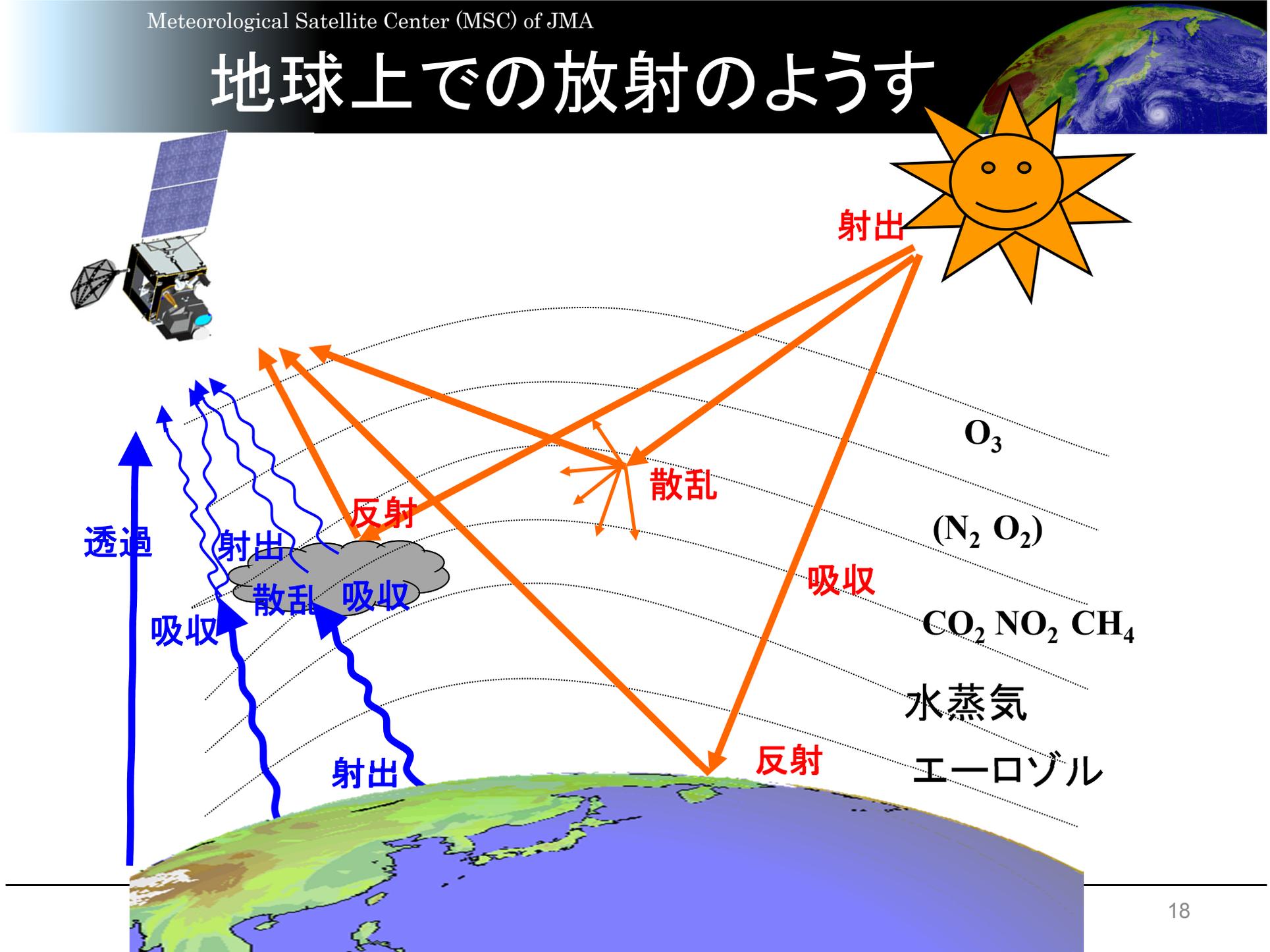
目次



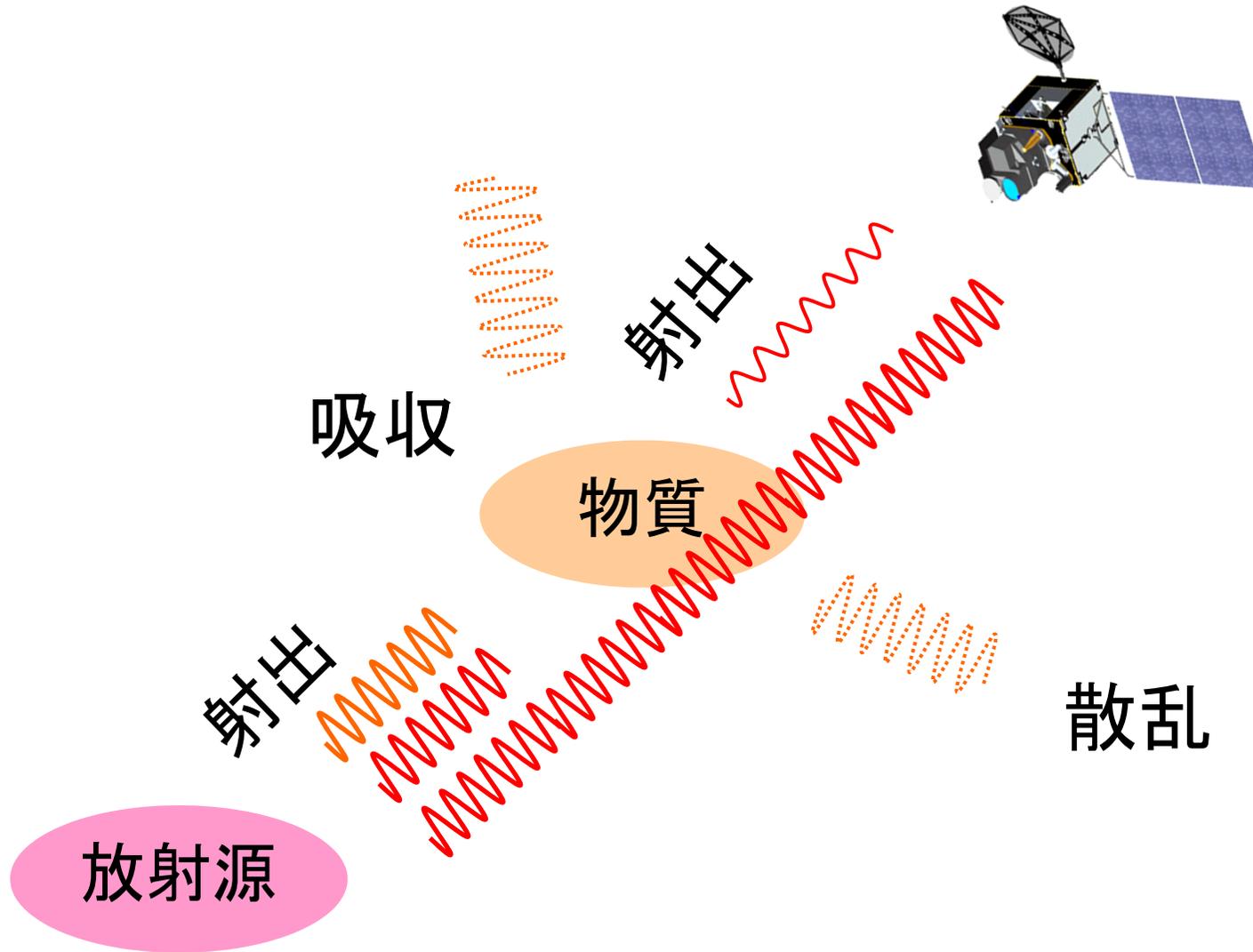
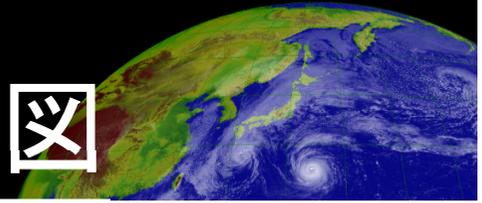
- 衛星が観測するもの
 - 電磁波とは？
- 電磁波の射出・吸収・散乱

- 衛星画像の見え方
 - 下層雲
 - 上層の巻雲
 - 火山灰
 - 地表面

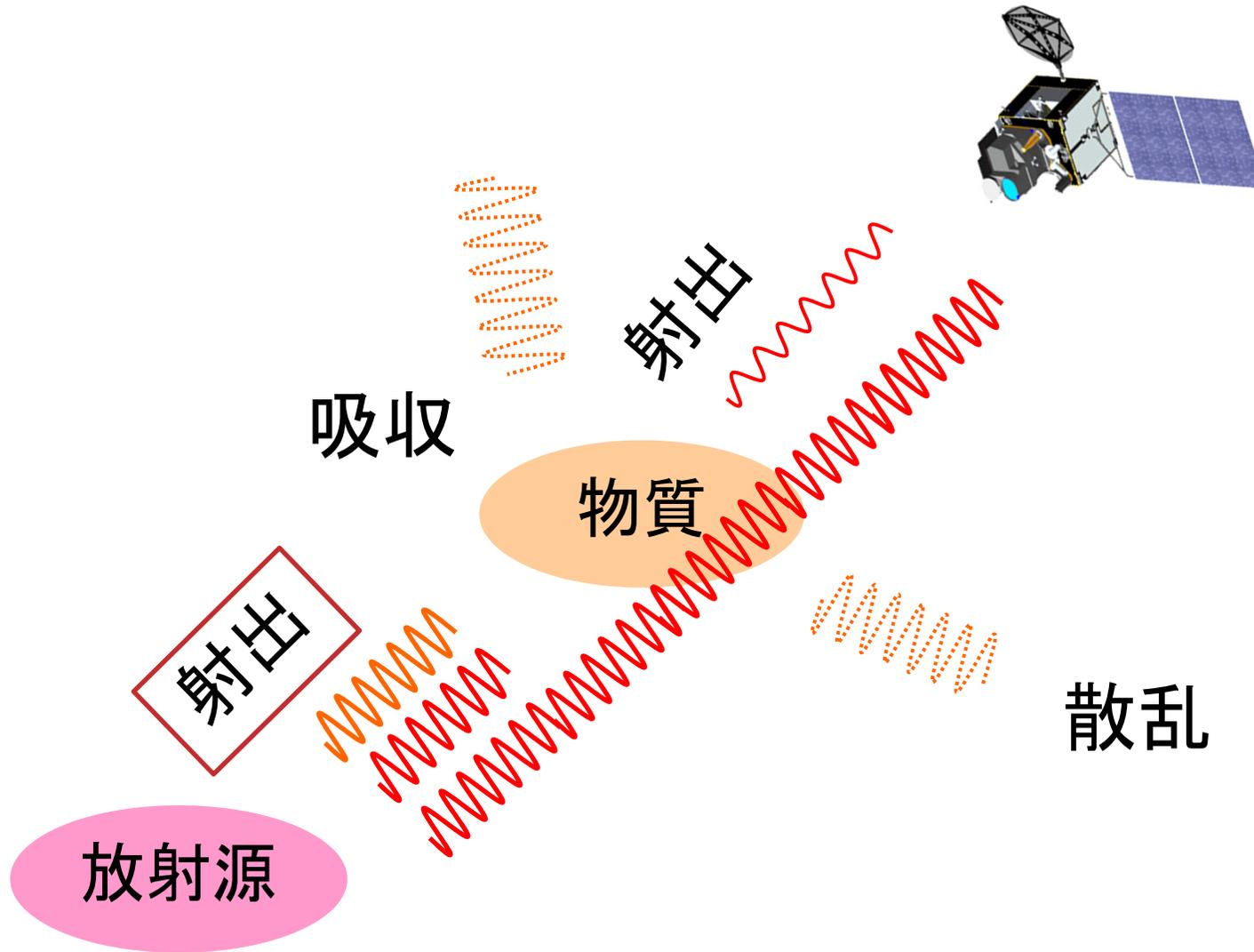
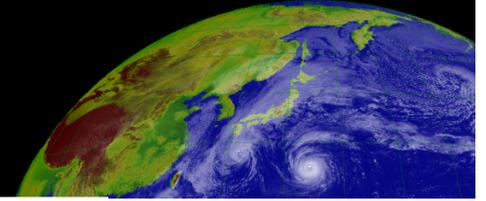
地球上での放射のようす



放射と物質の相互作用模式図



射出



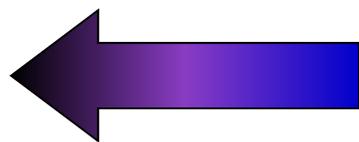
赤外センサが捉えるもの



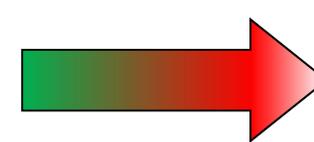
あらゆる物質は電磁波を出す
・地表、雲粒、大気中の気体

赤外線のエネルギー(放射輝度)は、物質の温度に応じて決まる。(プランクの公式)

低い
少ない

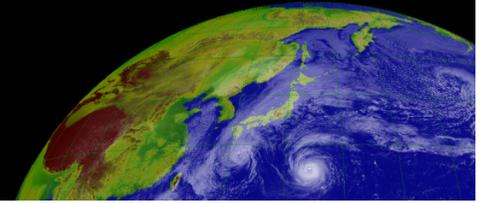


輝度温度
放射のエネルギー
(放射輝度)

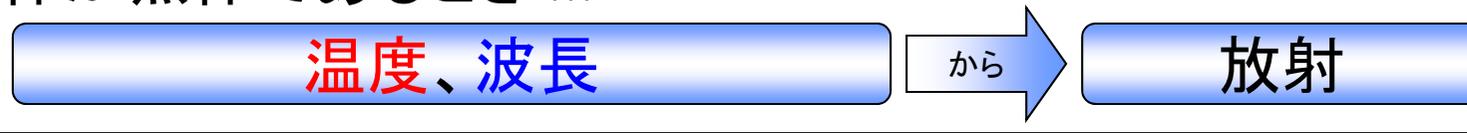


高い
多い

プランクの法則



物体が黒体であるとき ...



$$B(\lambda, T) = \frac{2hc^2}{\lambda^5 \left[\exp\left(\frac{hc}{\lambda kT}\right) - 1 \right]}$$

$B(\lambda, T)$ は、温度 T の黒体からの波長 λ における放射

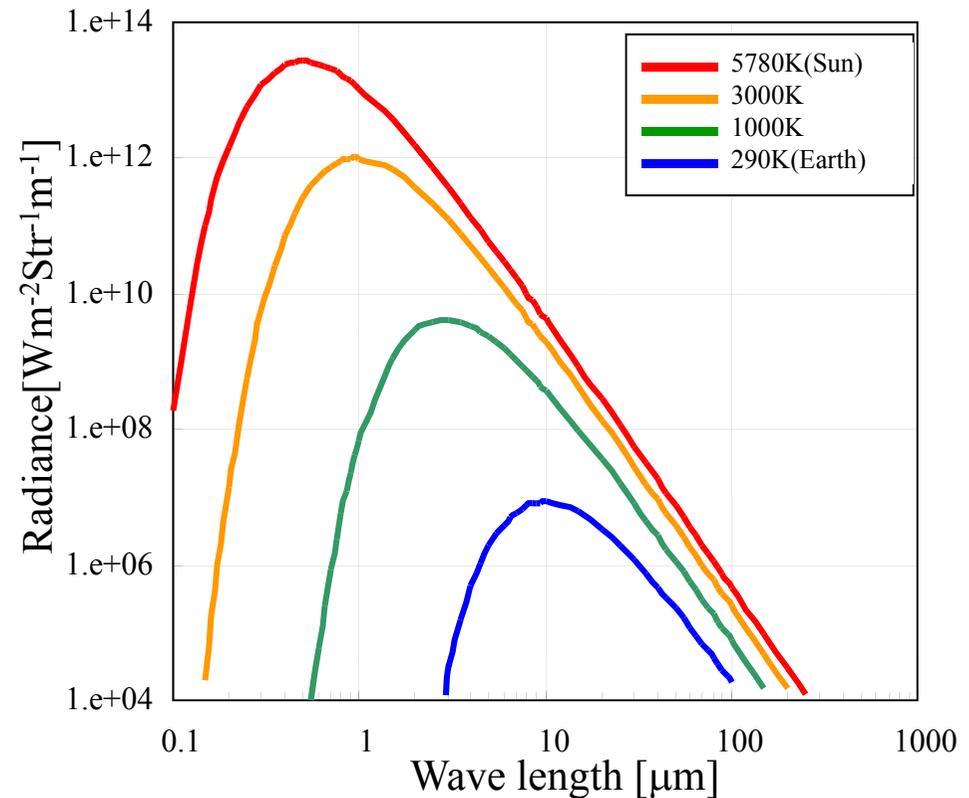
T : 温度 [K]

λ : 波長 [m]

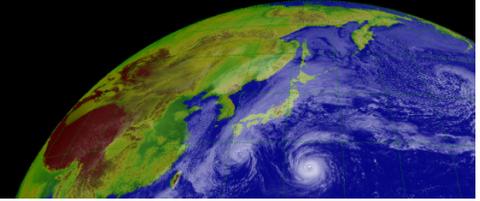
h : プランク定数 (= 6.6261×10^{-34} [Js])

k : ボルツマン定数 (= 1.3806×10^{-23} [JK⁻¹])

c : 真空中の光速 (= 2.9979×10^8 [ms⁻¹])

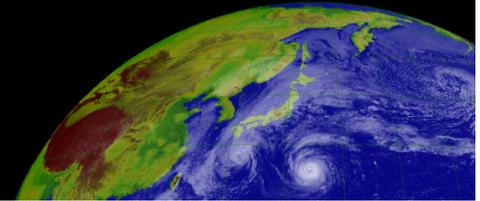


黒体



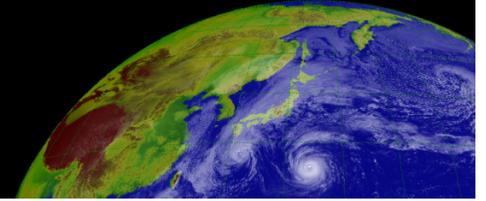
- 物質の放射を考える上での理想的な概念
- 「黒体」とは
 - 入射するすべての波長の放射を完全に吸収し、熱放射できる物体
 - 同じ温度では、他のどんな物体よりも多くの放射を出すことができる
- ⇔ 黒体ではない物体(灰色体)
 - 放射を完全に吸収しない
 - 同じ温度の黒体よりも出てくる放射が少ない
 - どれくらい出すか: 射出率

輝度温度



- 赤外画像で表示されている「輝度温度」
- 衛星が観測できるのは電磁波の放射の強さ
 - 放射輝度 (radiance) に応じたシグナル
 - こんな単位 : $\text{Wm}^{-2}\text{sr}^{-1} \mu\text{m}^{-1}$
- 放射を出している物体が「黒体」だとしたら、その放射を出すにはこれくらいの温度のはず、の温度
 - 輝度温度 (brightness temperature)
 - 単位 : K
 - 黒体が出す放射 : プランク関数

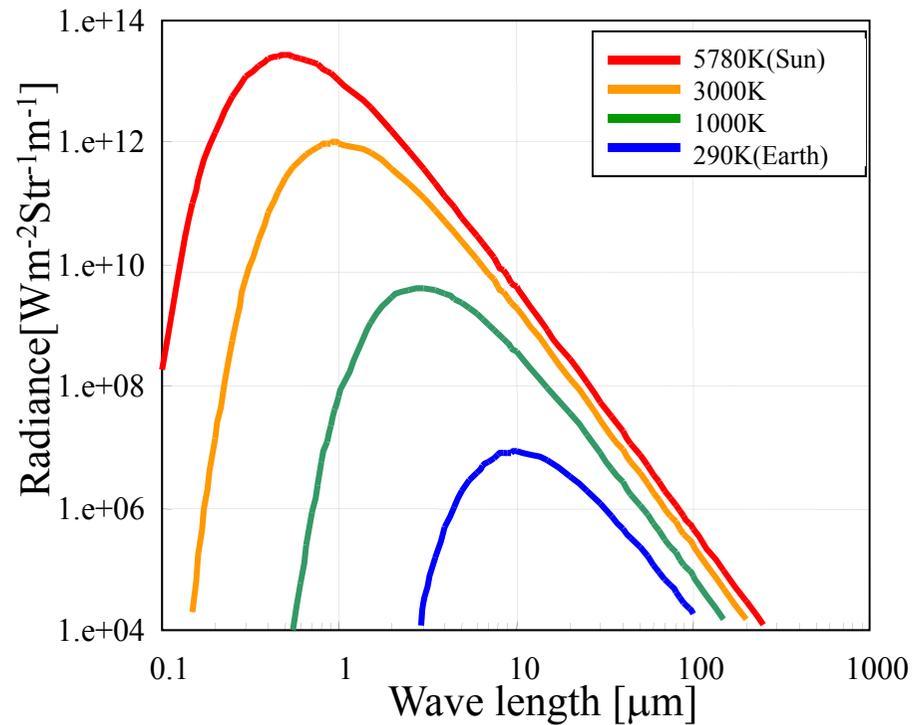
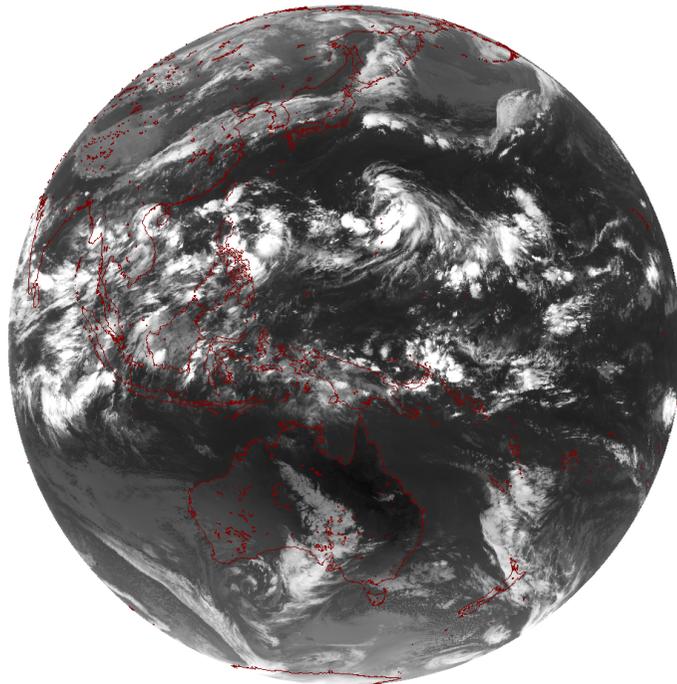
プランクの法則



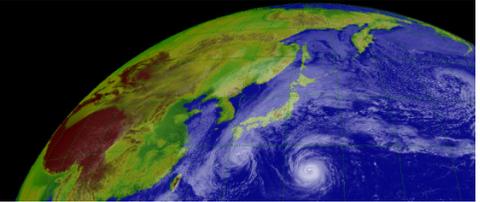
物体が黒体であるとき ...



物体が黒体であったとしたら



赤外 (B13, 10.4 μm) 画像

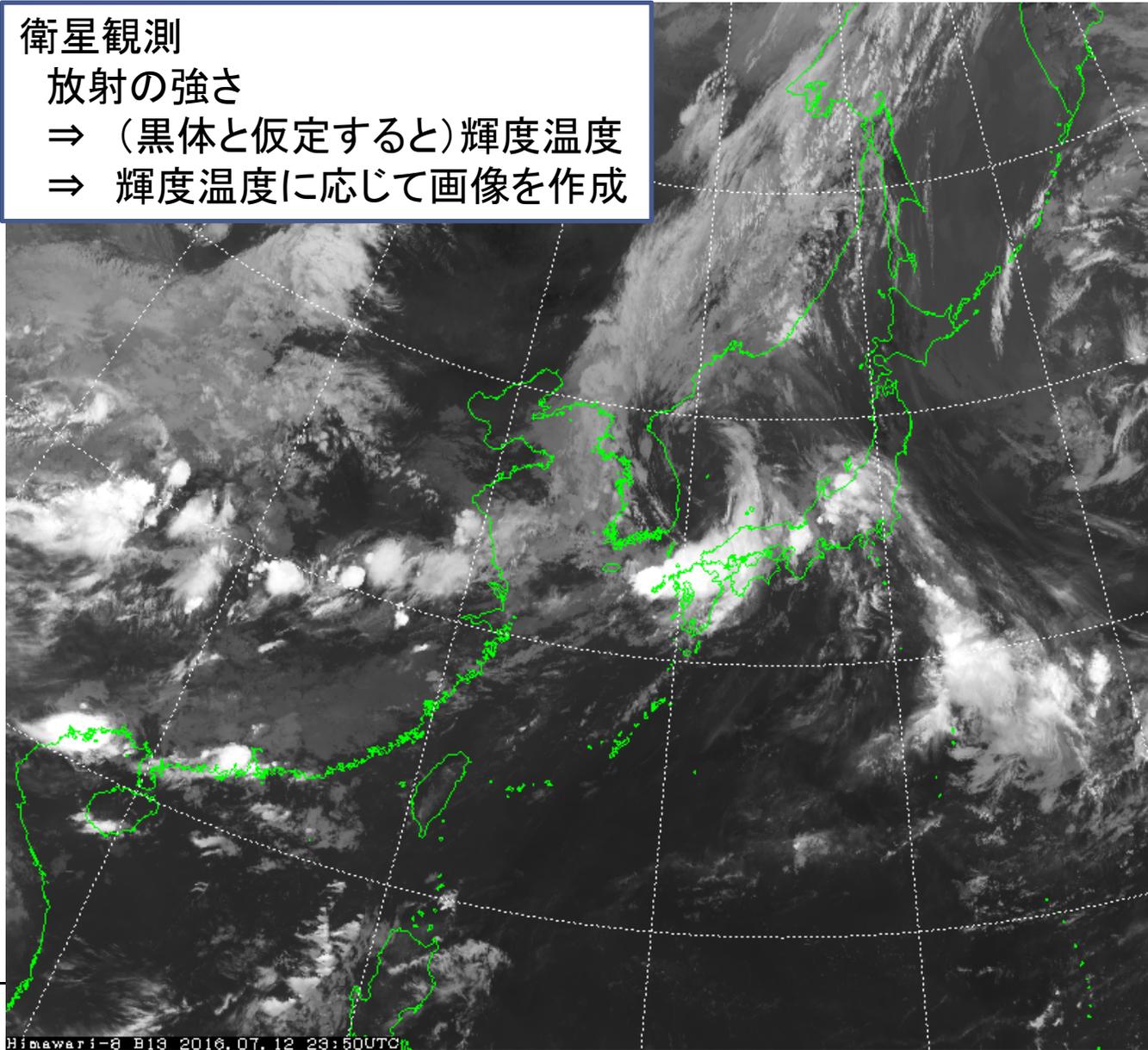


衛星観測

放射の強さ

⇒ (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

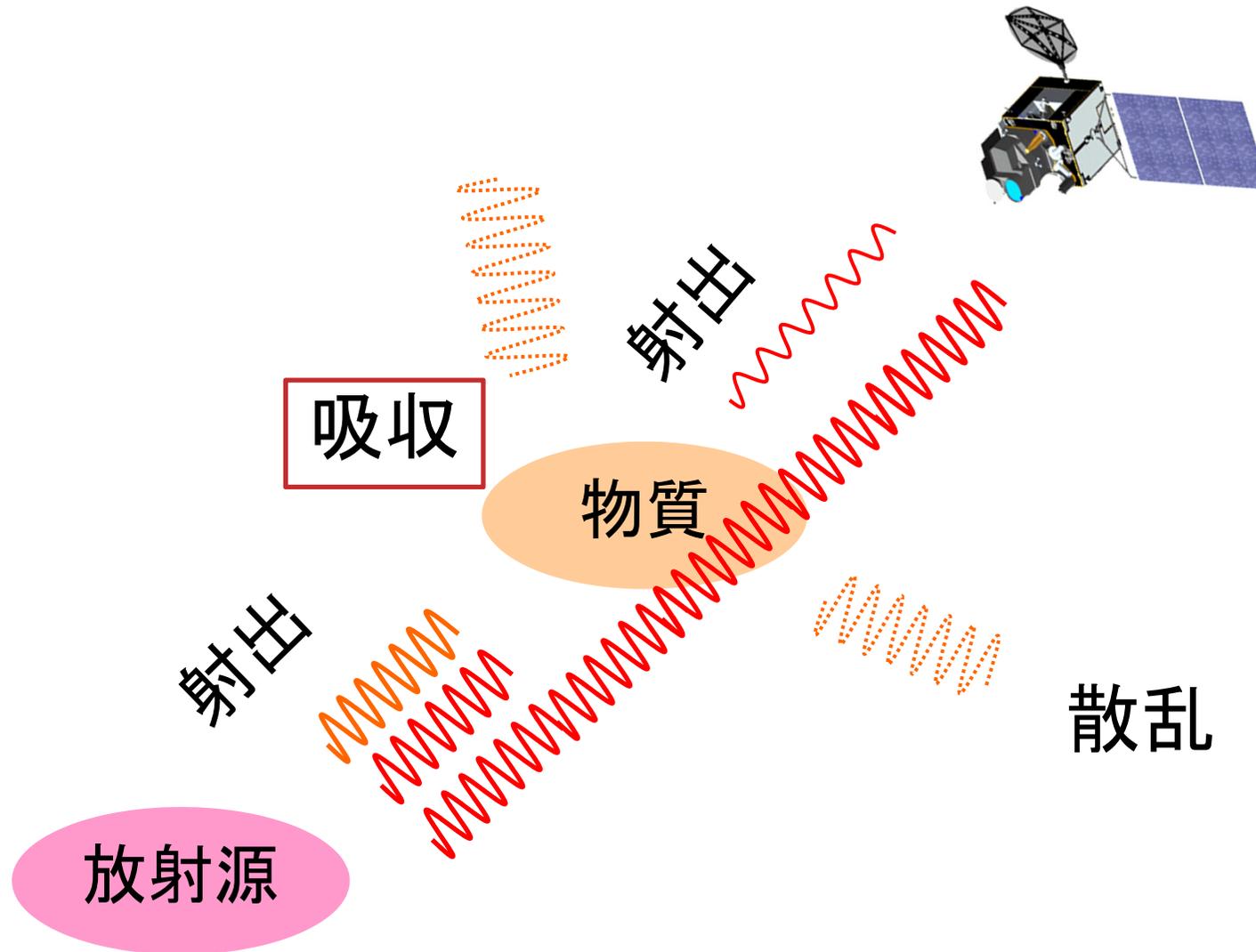
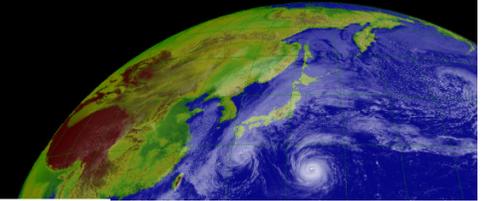
上層の雲

中層の雲

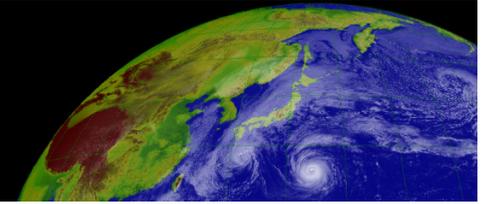
下層の雲

輝度温度高

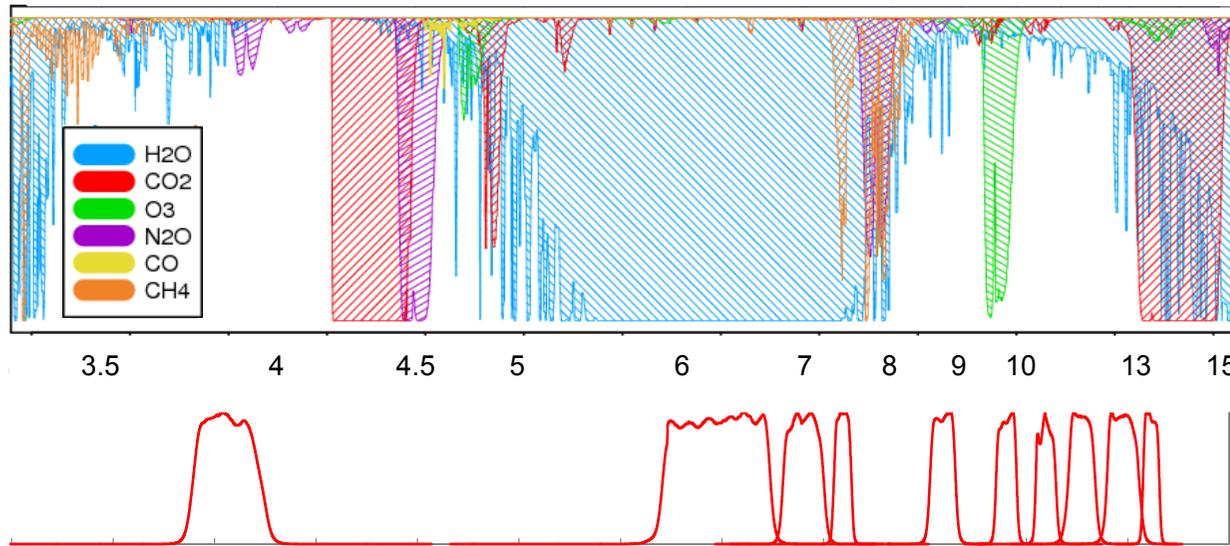
吸収



大気の透過率(吸収)

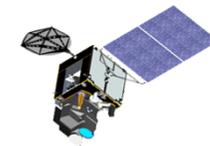


TOA = Top Of Atmosphere



透過率

$$T = I_{TOA}/I_0$$

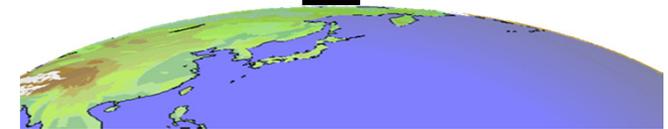


大気上端

I_{TOA}

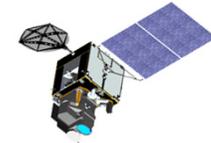
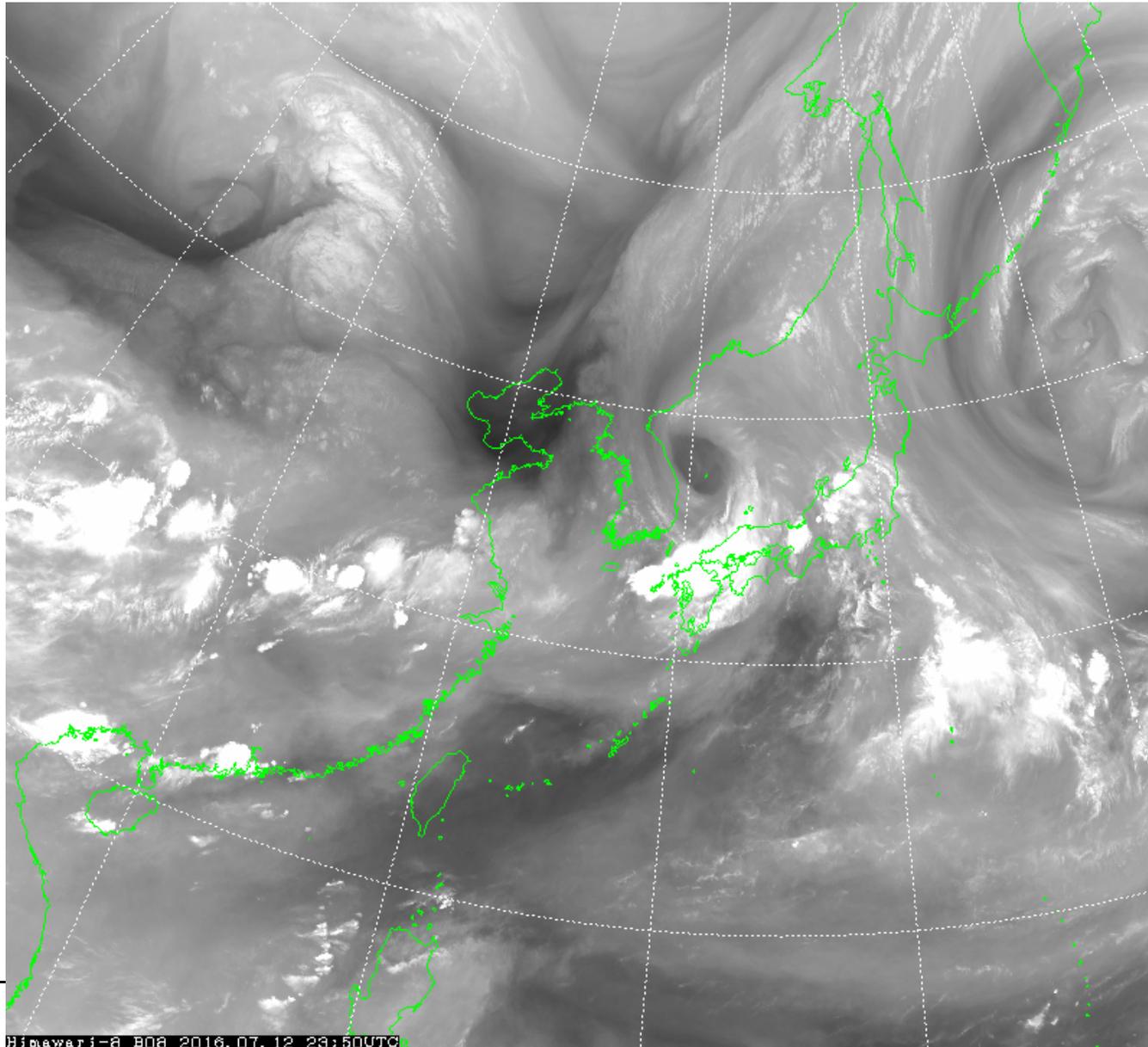
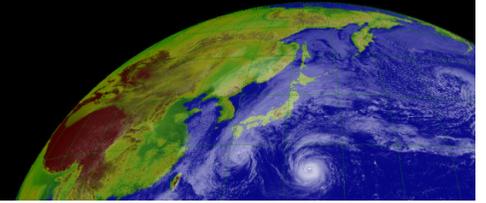
気体分子による
吸収

I_0

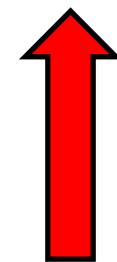


地表からの放射は、途中経路の気体分子によって吸収される。
波長によって、影響をおよぼす気体分子は異なり(量子的特性による)、吸収される度合いも異なる。
吸収の強い波長では、地表面からの放射は届かない。
吸収された放射は、その付近の温度で再放射される。

水蒸気 (B08, 6.2 μm) 画像



放射の強さ
弱い 強い

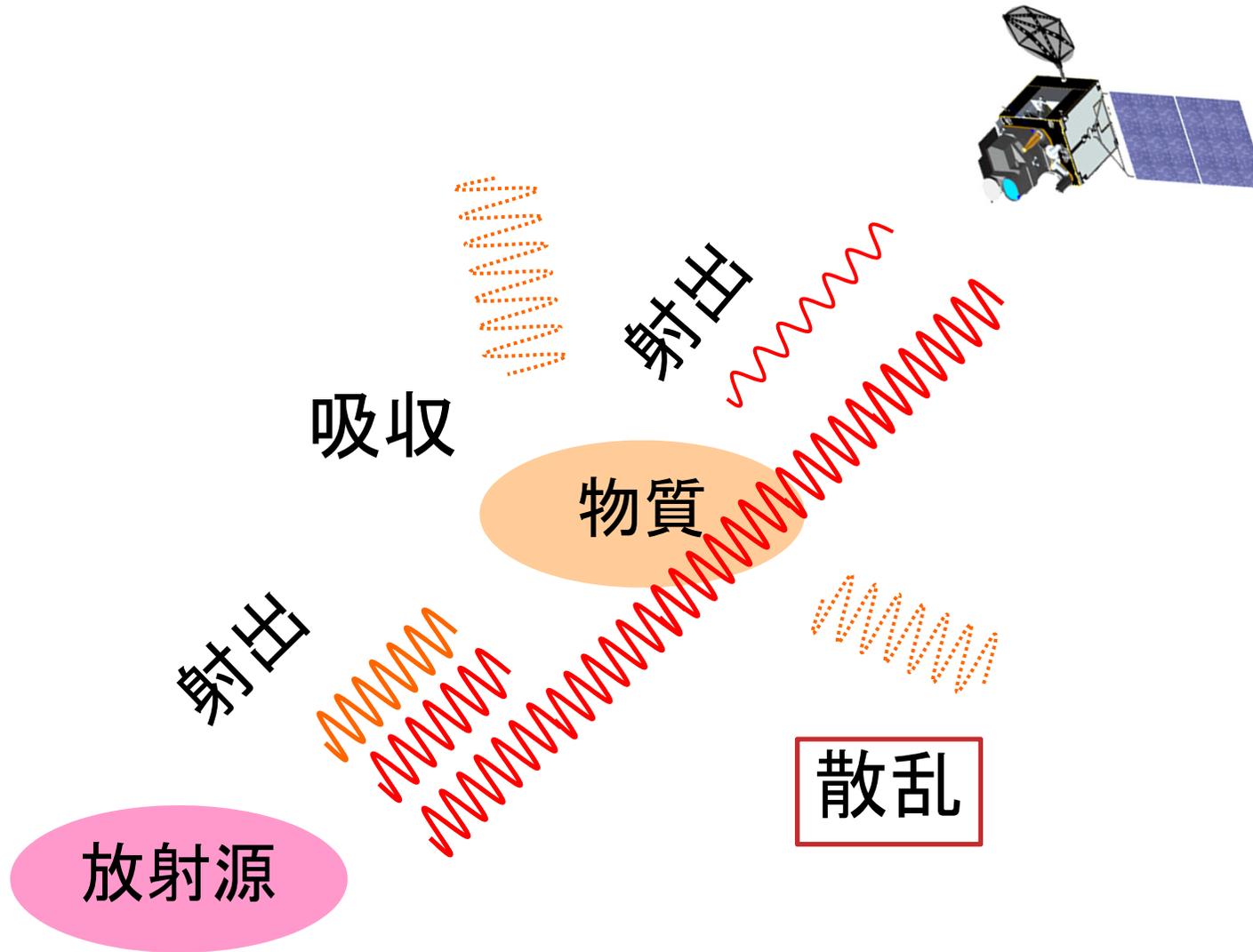
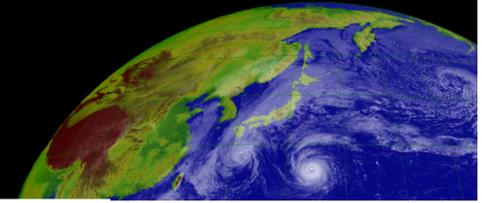


大気中の
水蒸気による吸収

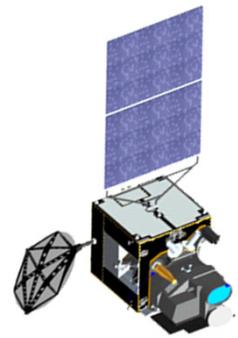
水蒸気が
少ないと



散乱(反射)



太陽光の反射



気象衛星

氷雲

水雲



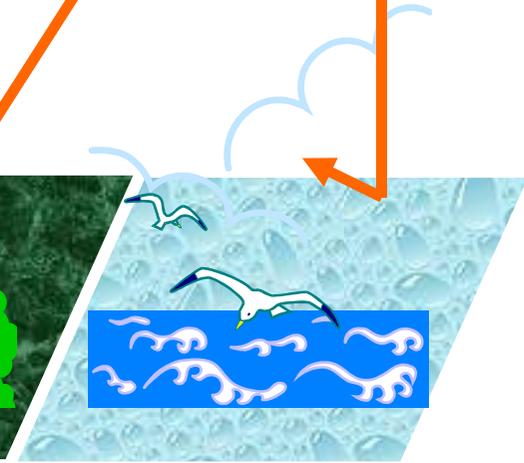
新雪



湿った土



草原

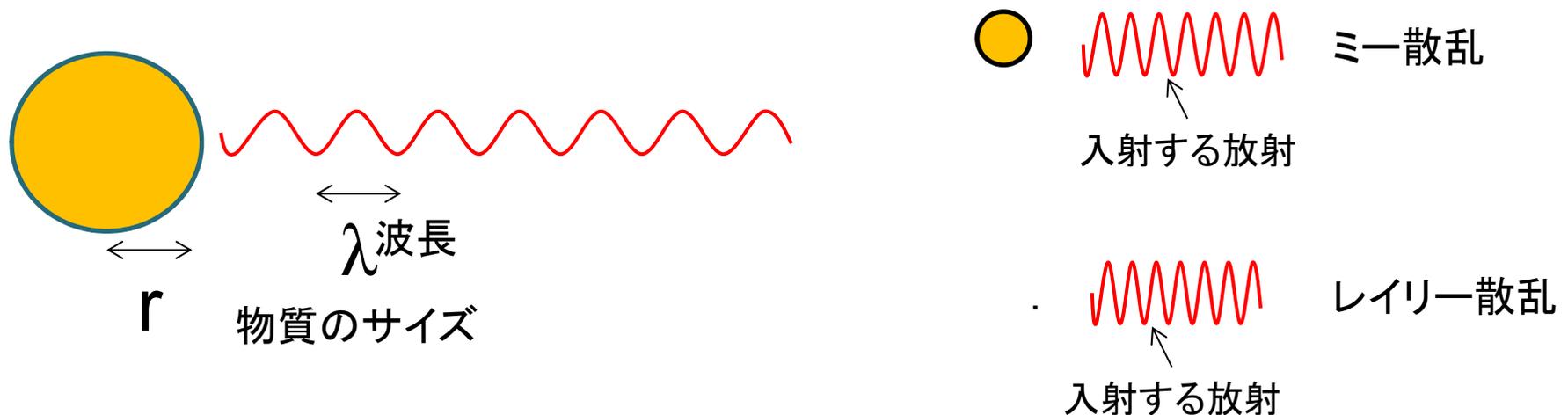


海面

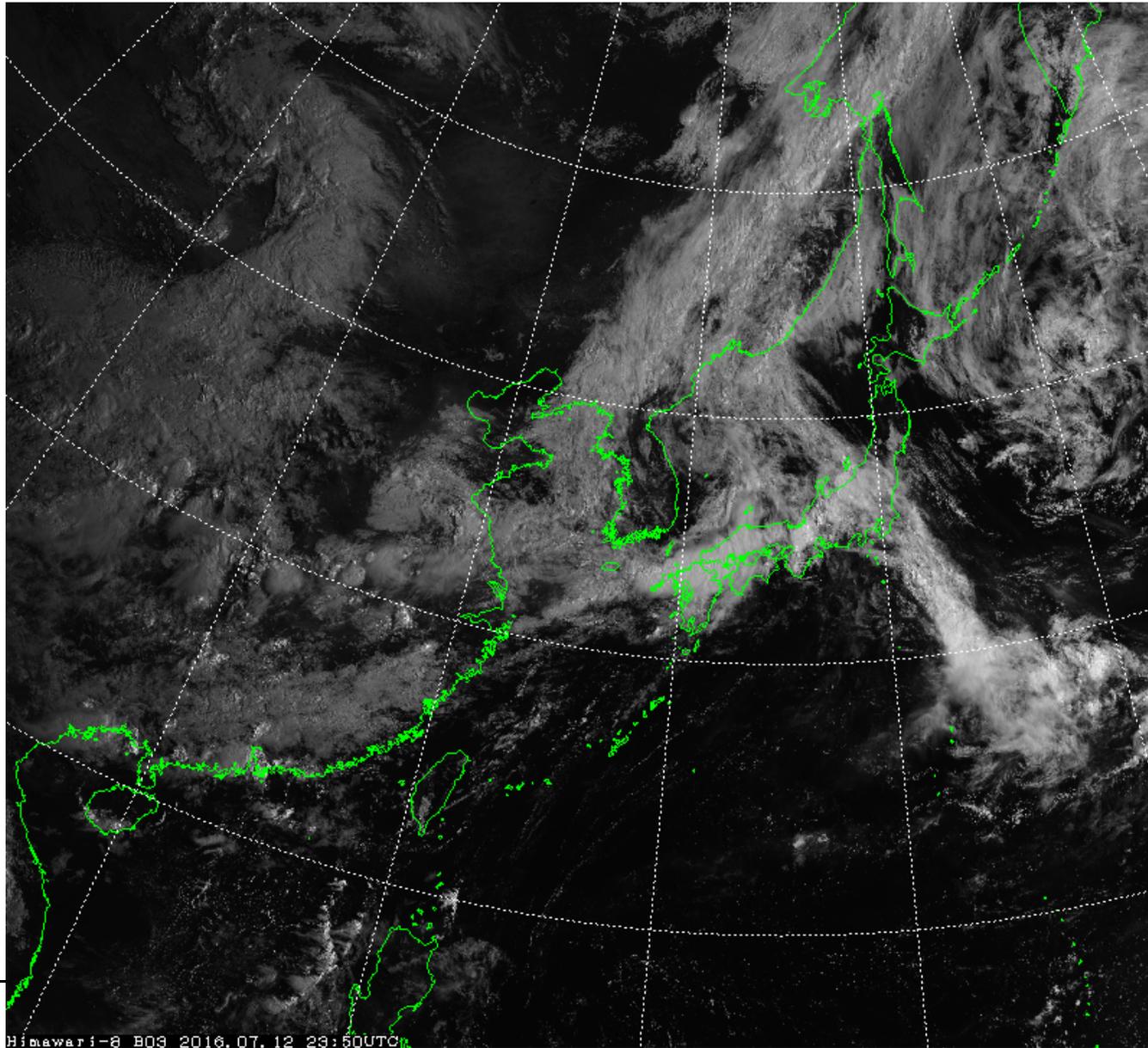
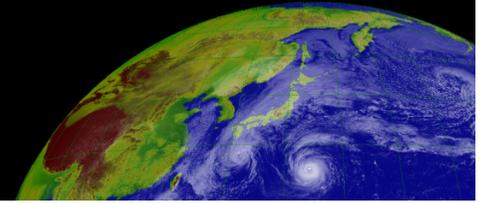
地表面の状況によって反射率は違う

大気中の粒子による散乱(反射)

- 大気中の空気分子や、エアロゾル、雲粒、雨粒等の粒子によって、放射(電磁波)が散乱される。
- 散乱特性は、入射する電磁波の波長に対する、粒子の相対的な大きさ(サイズパラメータ)で変わる
- (とりあえず球形粒子の話)



可視 (B03, 0.64 μm) 画像



反射強

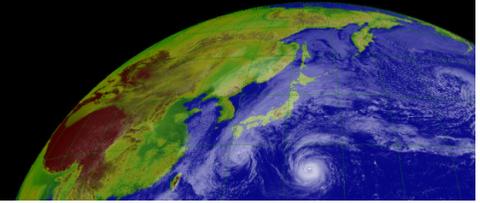
厚い雲

薄い雲

海面

反射弱

まとめ ①



- 衛星が観測するものは、**電磁波の強さ**
- 電磁波の射出・吸収・散乱（反射）
 - 全ての物質は、温度に応じて、電磁波を**射出**
 - 物質の種類,波長に応じて、電磁波を**吸収**
 - 地表面の状況に応じて太陽光（電磁波）を**反射**
 - 物質の種類,形,波長に応じて、電磁波を**散乱（反射）**

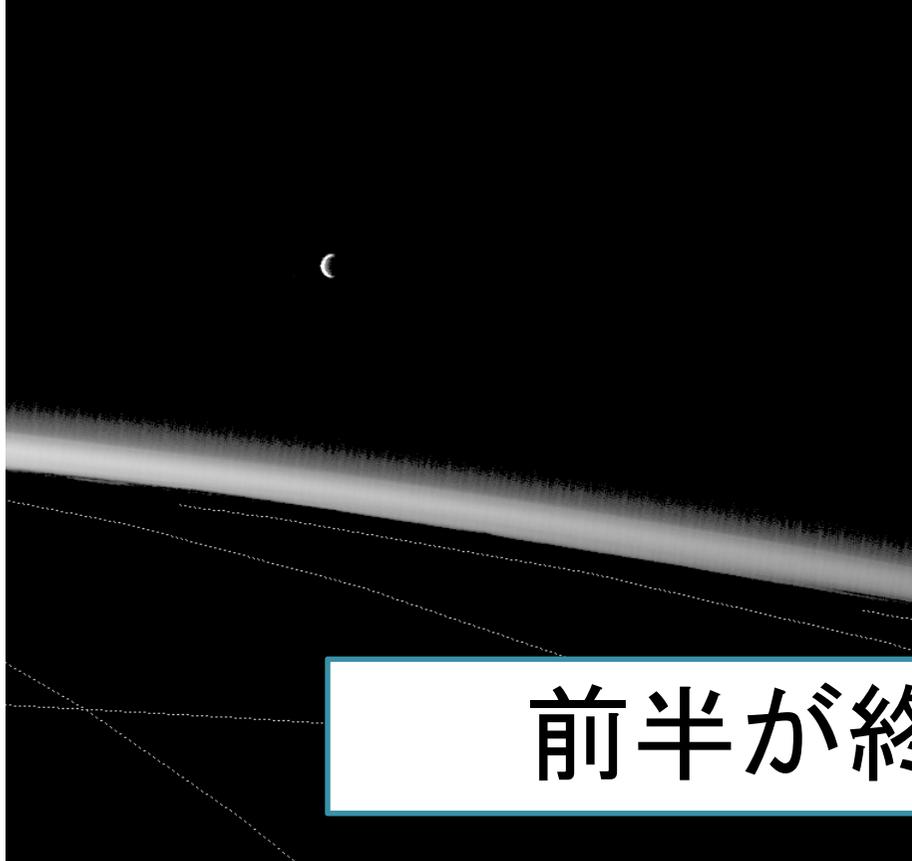
衛星観測で電磁波の強さを複数の波長で観測

⇒ 雲・大気・地表面・海面の状態を推定する。

ひまわり8号の観測画像例

01 05:30UTC

2015.08.30 金星

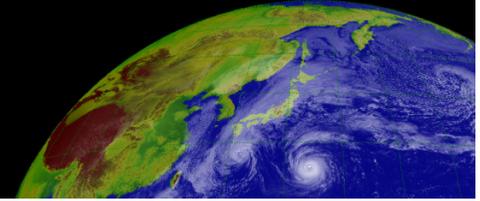


2015.09.01 月



前半が終了

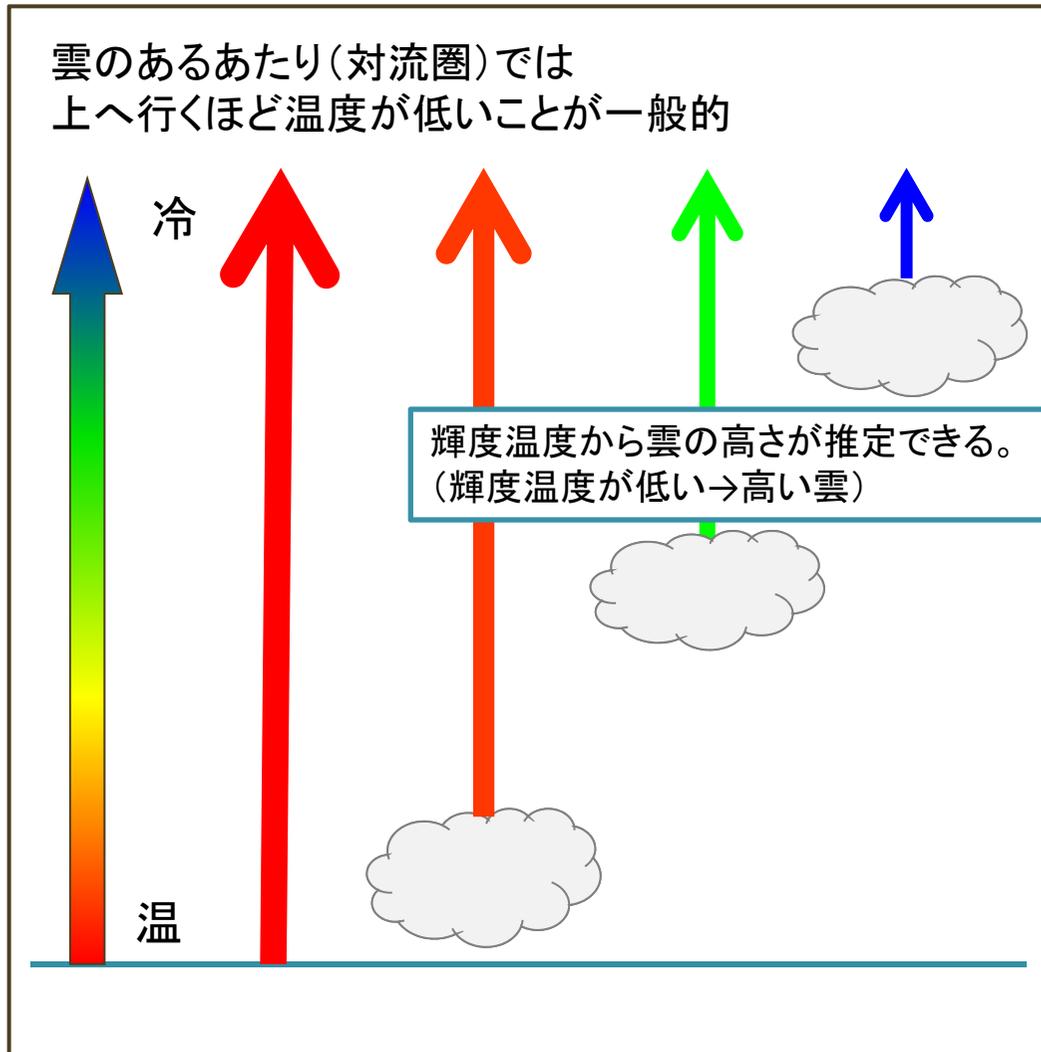
目次



- 衛星が観測するもの
 - 電磁波とは？
- 電磁波の射出・吸収・散乱

- 衛星画像の見え方
 - ひまわり7号までの画像の使い方
 - ひまわり8号からの多バンドの画像
 - RGB合成画像

赤外 (B13, 10.4 μm) 画像の見え方



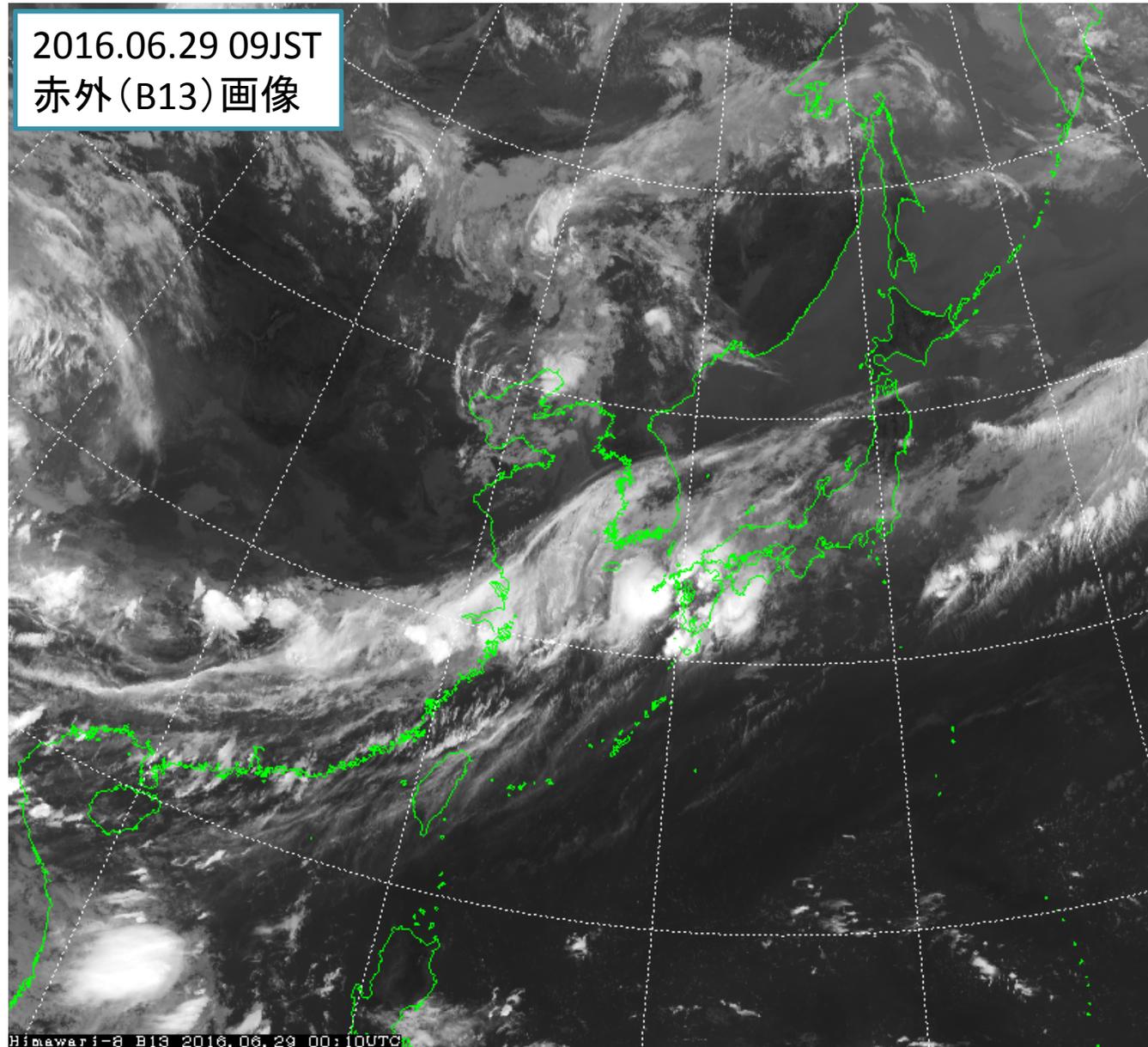
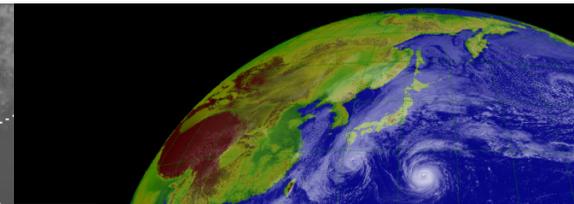
全ての物体は温度に応じた電磁波を射出

電磁波の強さを観測
⇒ 物体の温度を推定
⇒ 物体の高度を推定

赤外画像

電磁波が弱い
: 温度が低い
: 白く表示
電磁波が強い
: 温度が高い
: 黒く表示

2016.06.29 09JST
赤外(B13)画像



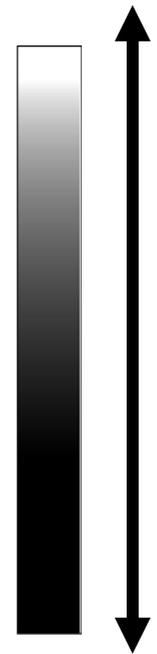
Hiawari-8 B13 2016.06.29 00:10UTC

輝度温度低

上層の雲

中層の雲

下層の雲



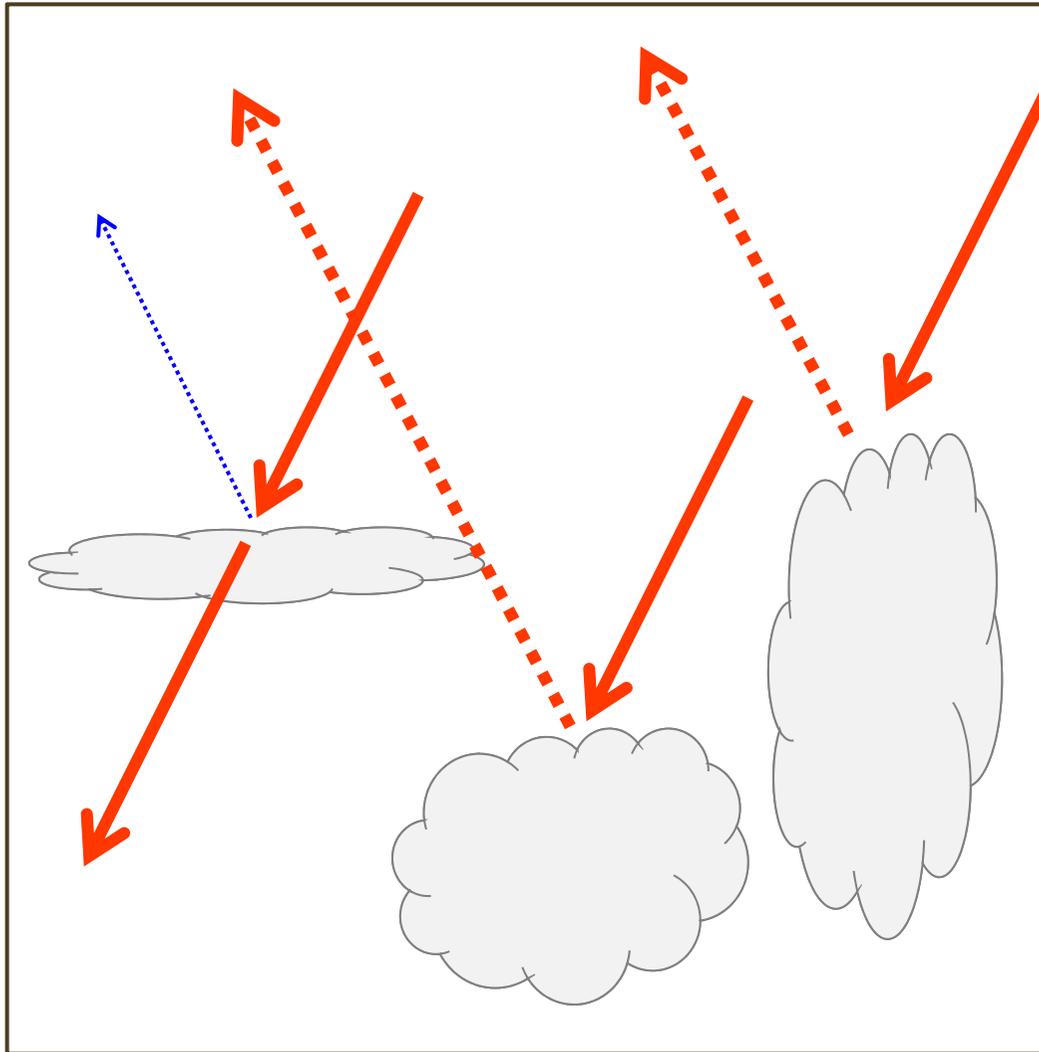
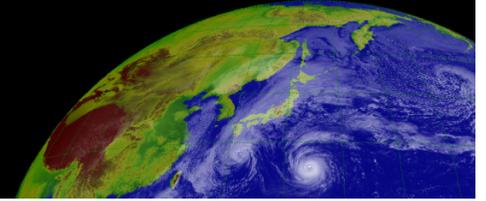
輝度温度高

チェックポイント

白い領域 : 冷たい

黒い領域 : 暖かい

可視 (B03) 画像の見え方

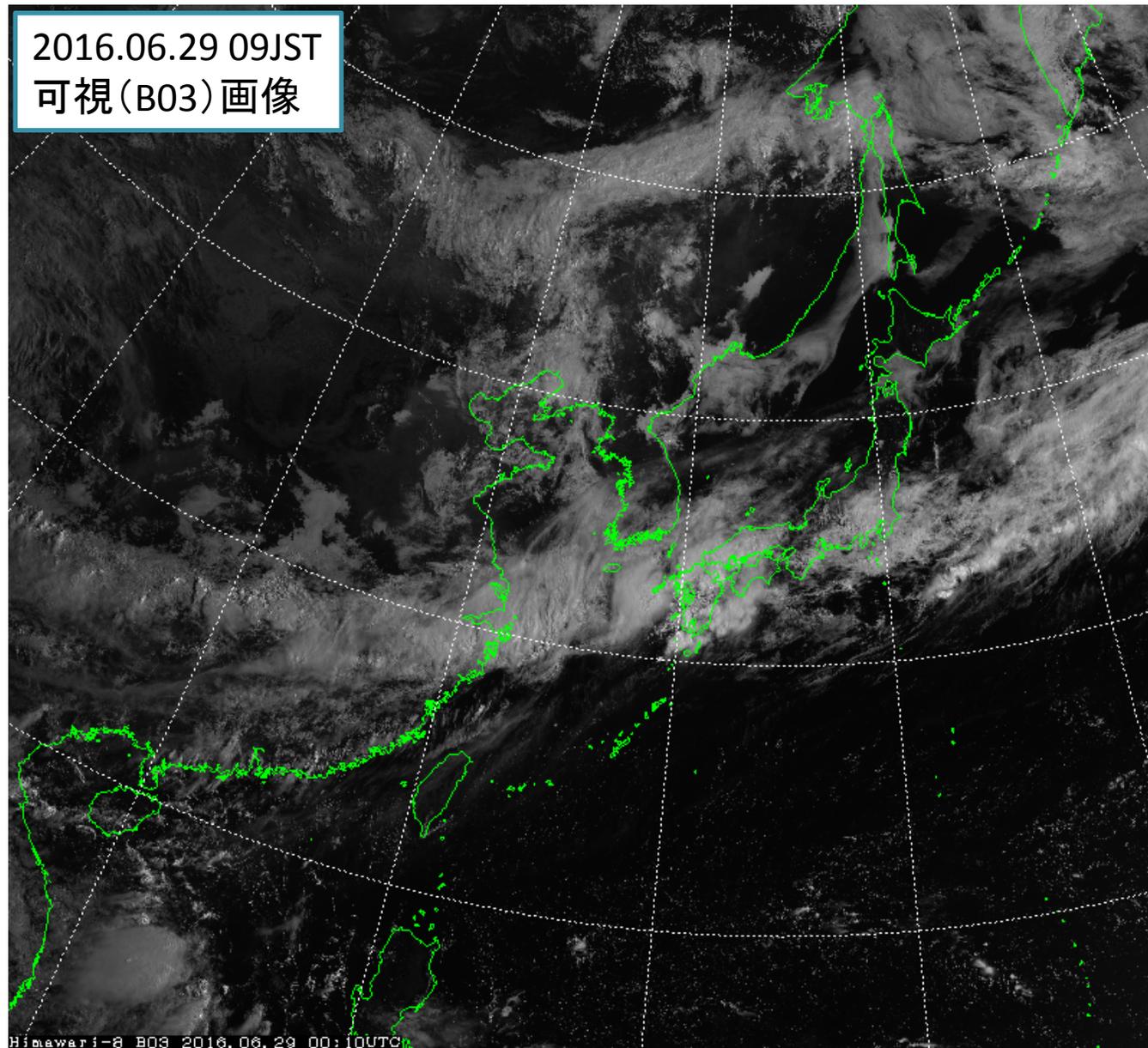
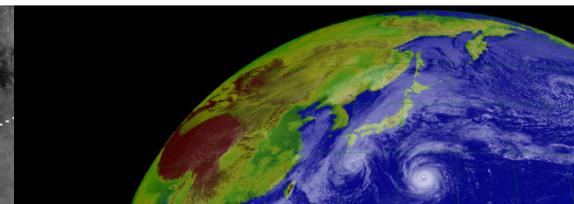


雲や地表面から反射した
太陽光を観測

反射が強い : 白
反射が弱い : 黒

雲粒や雨粒が多い
(下層の厚い雲)
(鉛直方向に発達した雲)
⇒ 反射が強い

2016.06.29 09JST
可視(B03)画像



反射強

厚い雲

薄い雲

海面

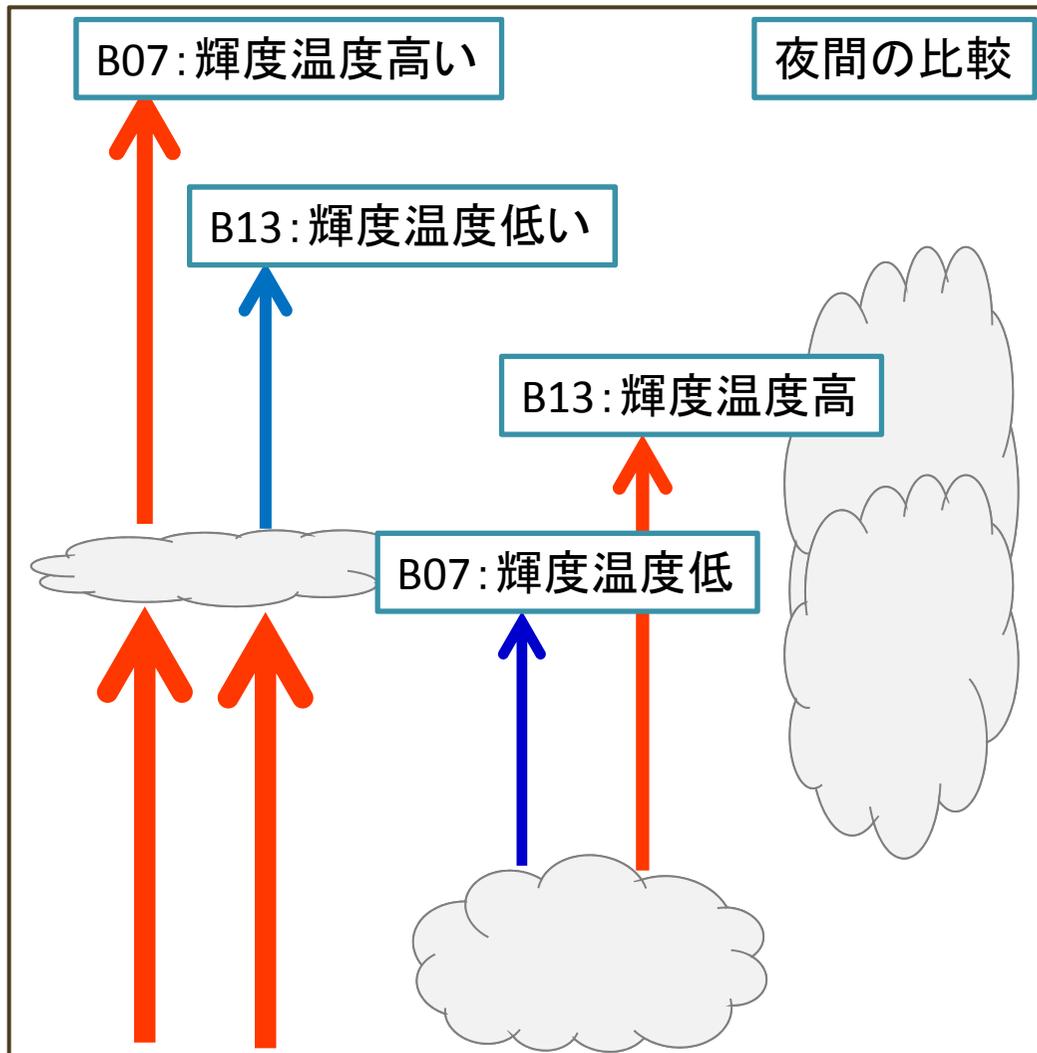
反射弱

チェックポイント

白い領域 : 反射が強い

黒い領域 : 反射が弱い

短波長赤外 (B07, 3.9 μm) 画像の見え方



昼と夜で見え方が異なる
【夜間】

上層の薄い雲

B13よりも輝度温度高い
(下層からの放射の透過)

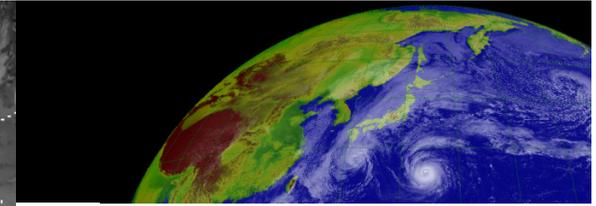
下層の水雲

B13よりも輝度温度低い
(射出率の違い)

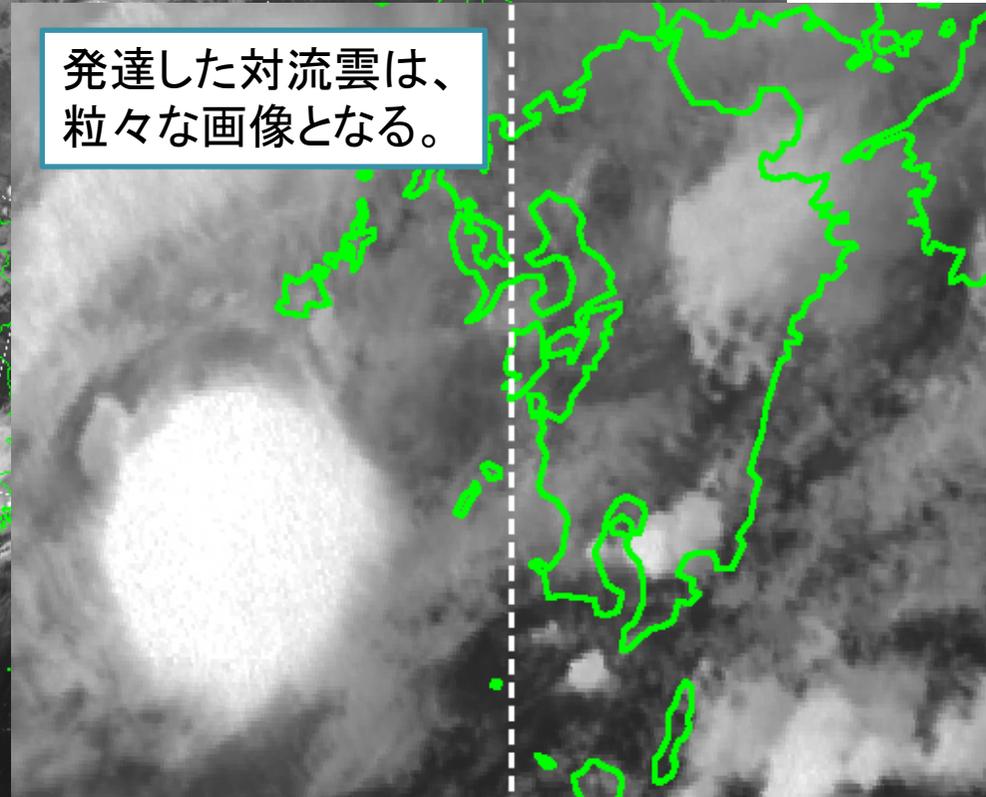
非常に発達した雲

放射量が非常に少ない。
⇒ 温度分解能が低く、
粒々な画像

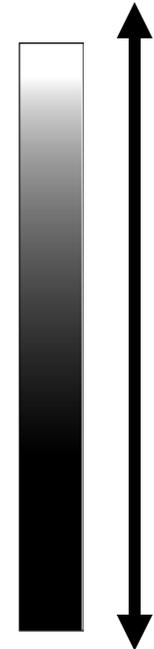
2016.06.28 03JST(夜間)
短波長赤外(B07)画像



発達した対流雲は、
粒々な画像となる。



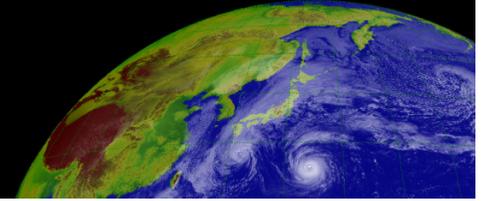
輝度温度低



輝度温度高

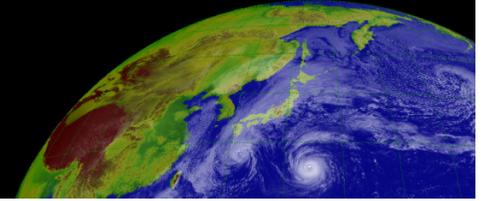
Himawari-8 B07 2016.06.28 18:00UTC

画像の見え方



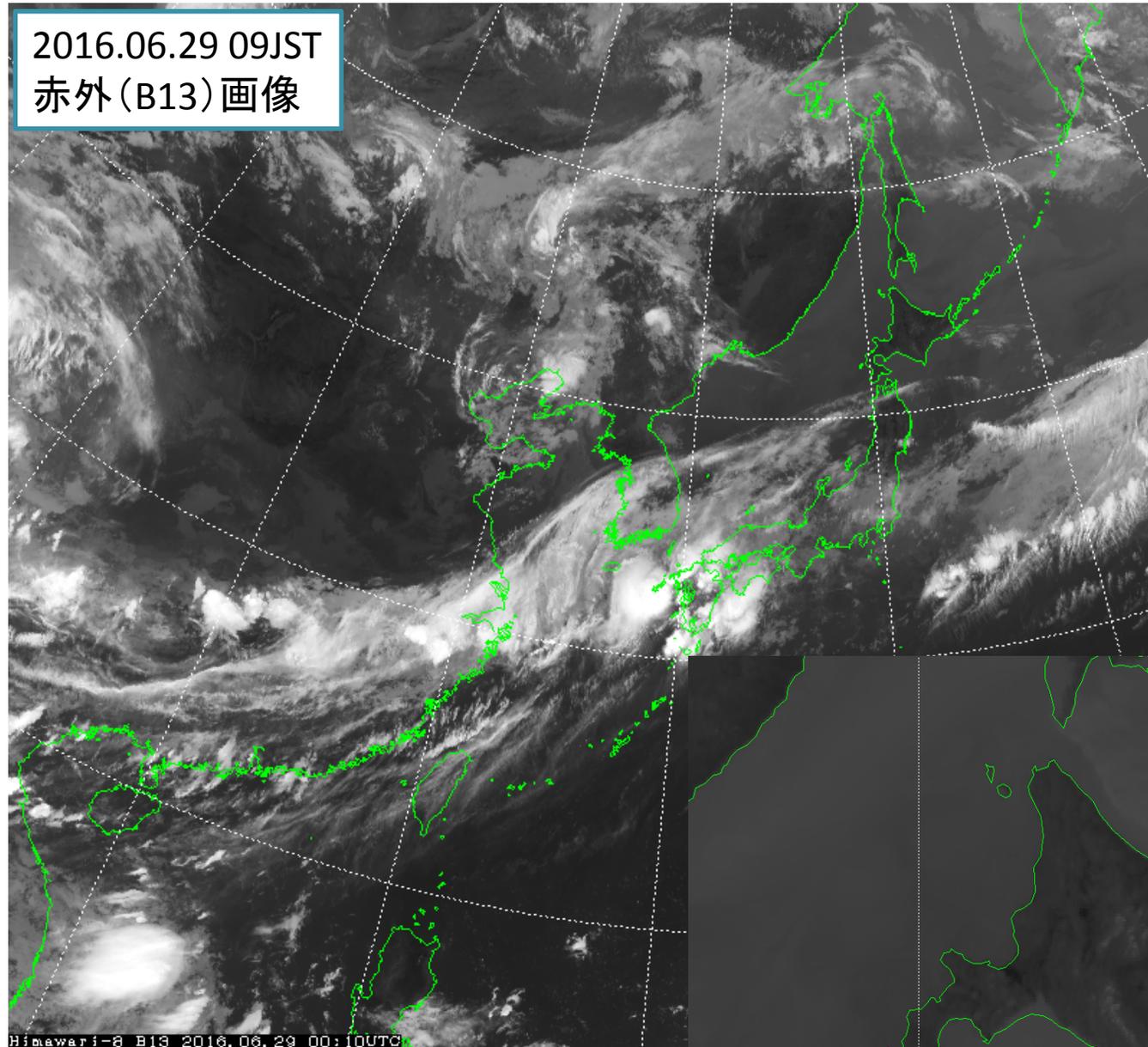
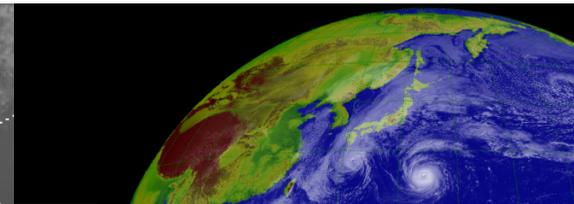
- ひまわり7号までの使い方
 - 下層雲の見え方
 - 日中の場合
 - 夜間の場合
 - 上層雲の見え方
 - 日中の場合
 - 夜間の場合

下層雲の見え方（昼）



- 低いところに存在する。
（温度が高い。）
- 水雲でできている。
（厚みがそれなりにある。）

2016.06.29 09JST
赤外(B13)画像

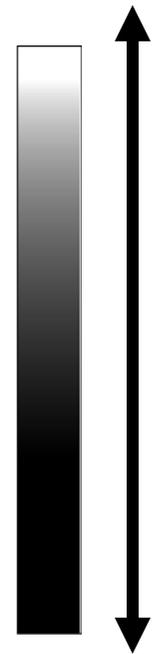


輝度温度低

上層の雲

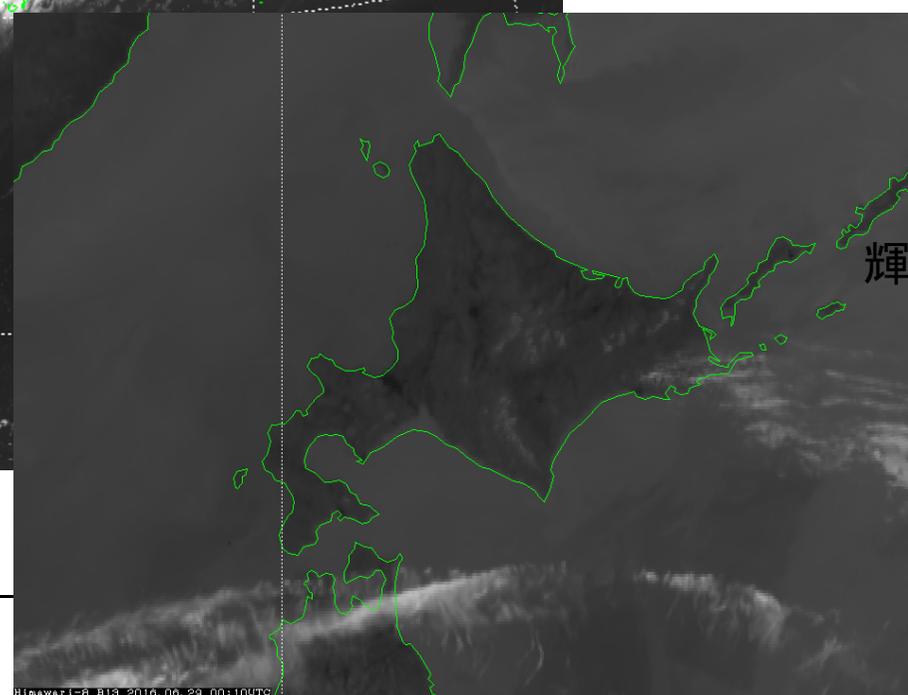
中層の雲

下層の雲

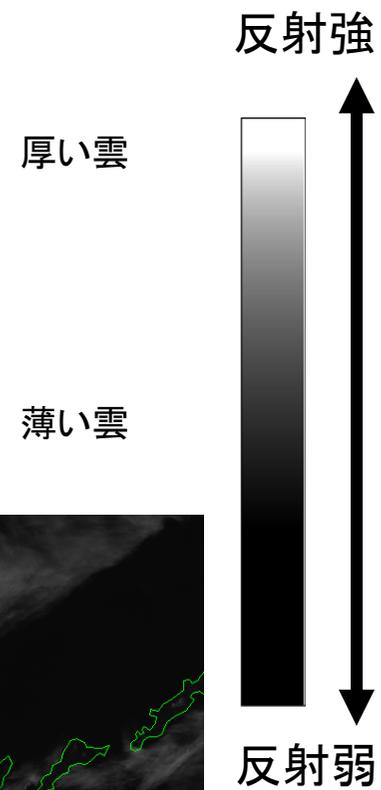
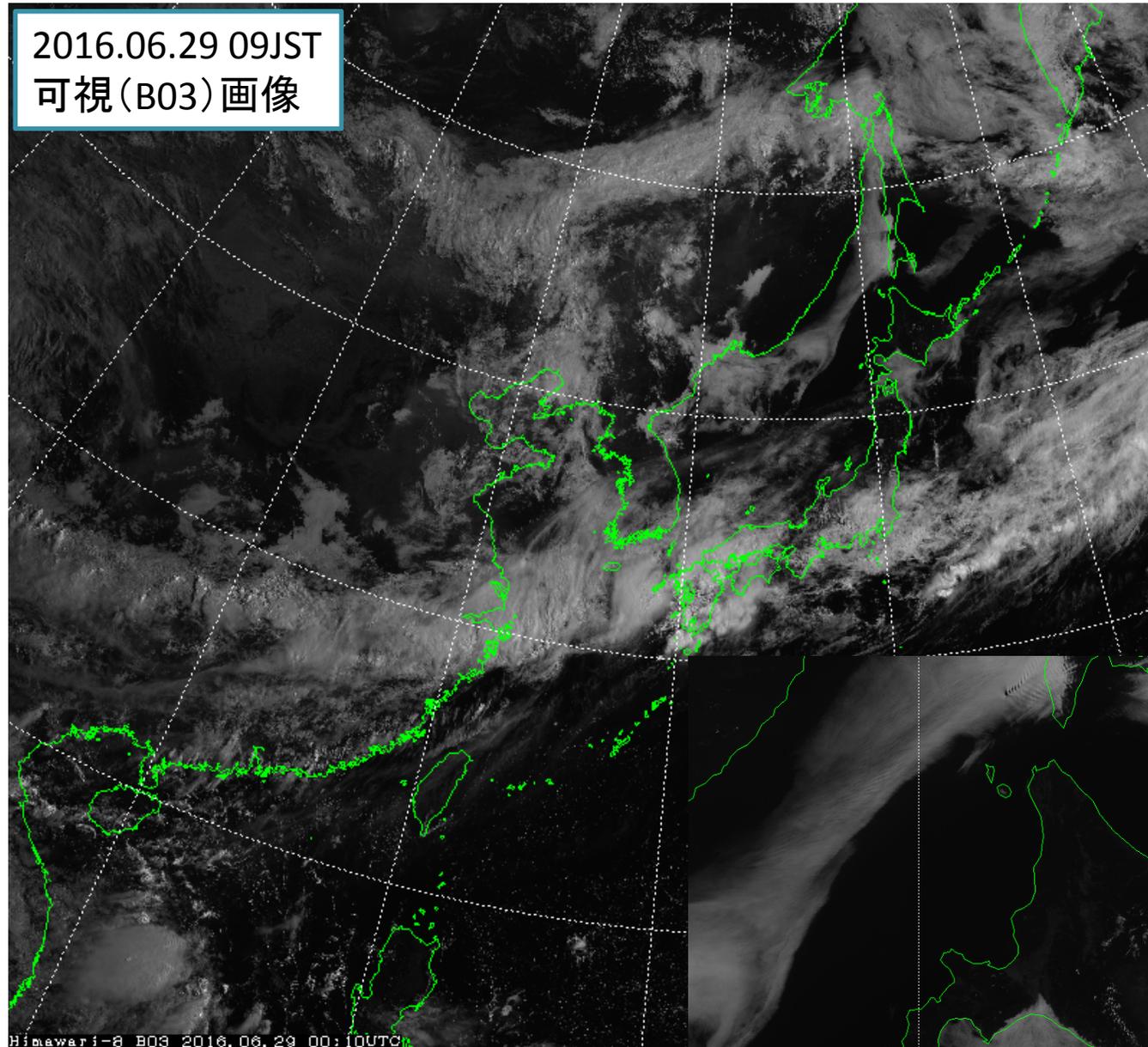
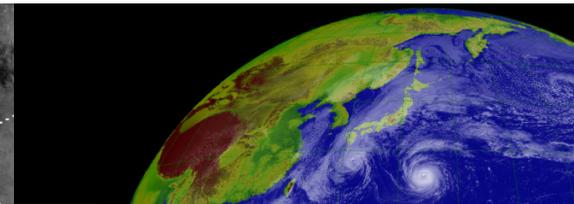


輝度温度高

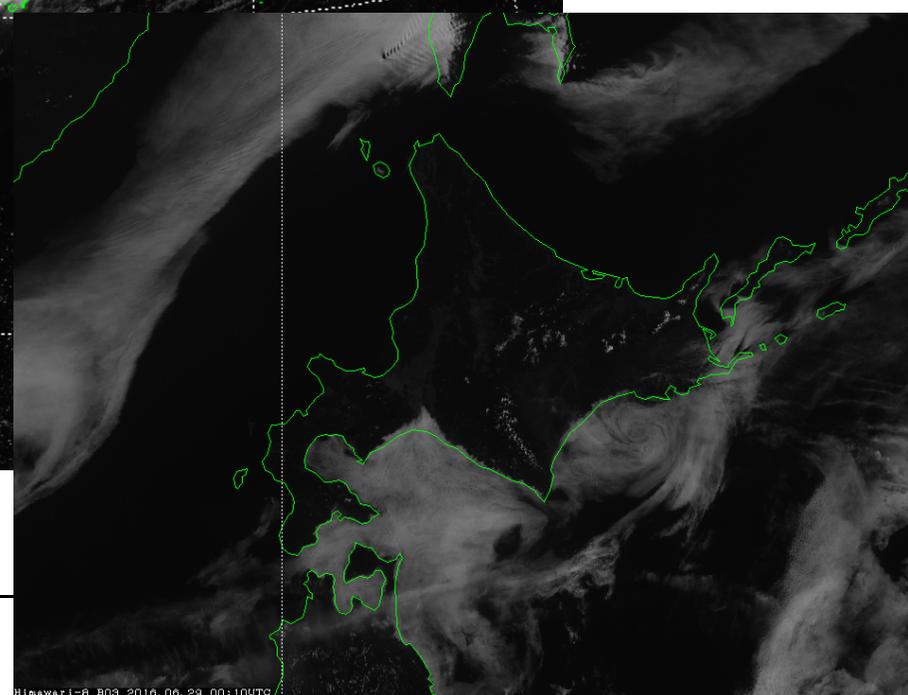
上空の冷たい雲は白。
下層の暖かい雲は、海面と区別できない。



2016.06.29 09JST
可視(B03)画像

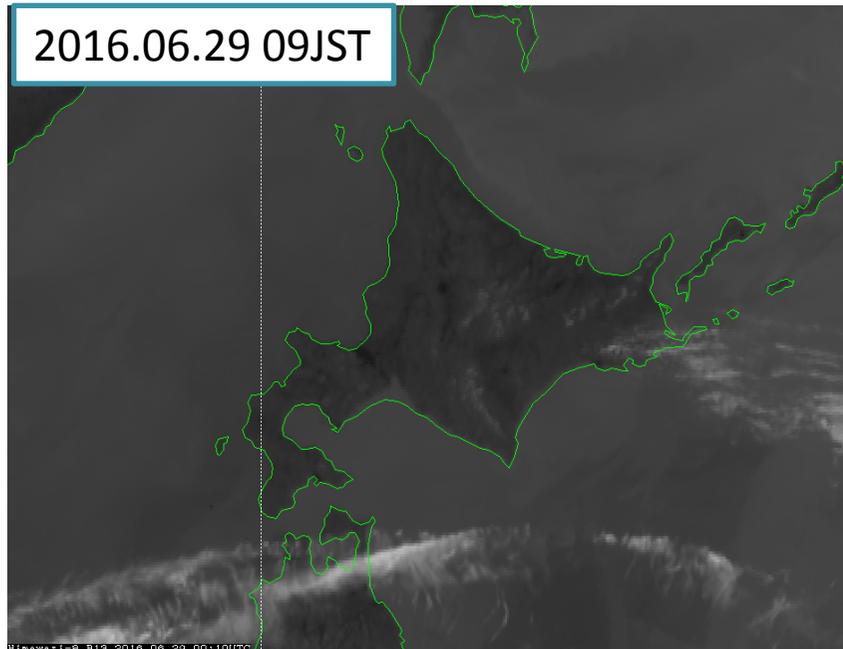


津軽海峡から北海道南東の下層雲
が見える。

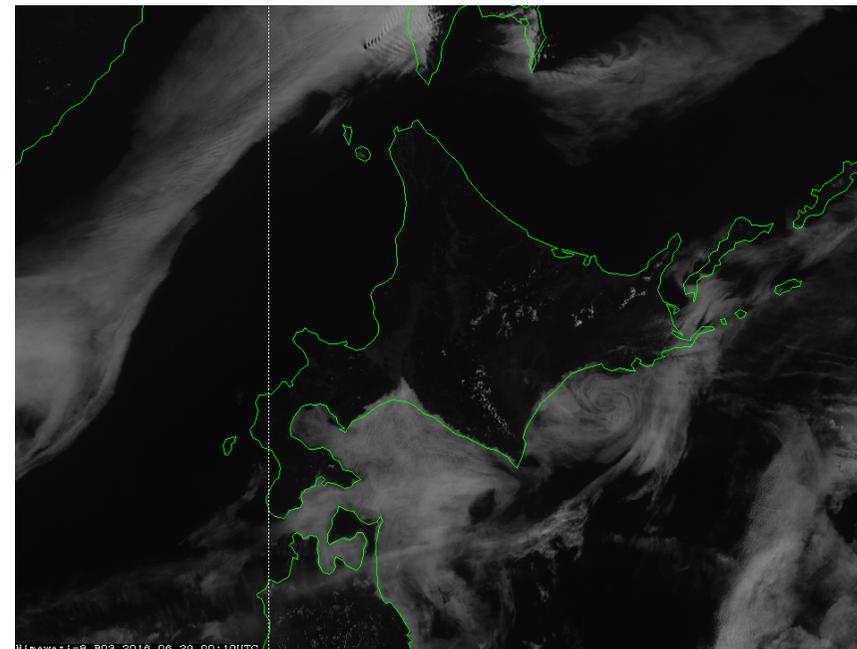


今までの多バンド観測の活用方法

赤外 (B13, $10.4 \mu\text{m}$)



可視 (B03, $0.64 \mu\text{m}$)



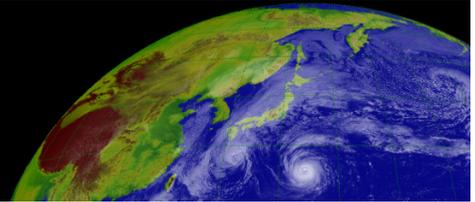
津軽海峡から北海道南東にかけて、下層雲が広がっている。

赤外画像で、はっきり写っていない。 ⇒ 海面とほとんど温度差がない低い雲

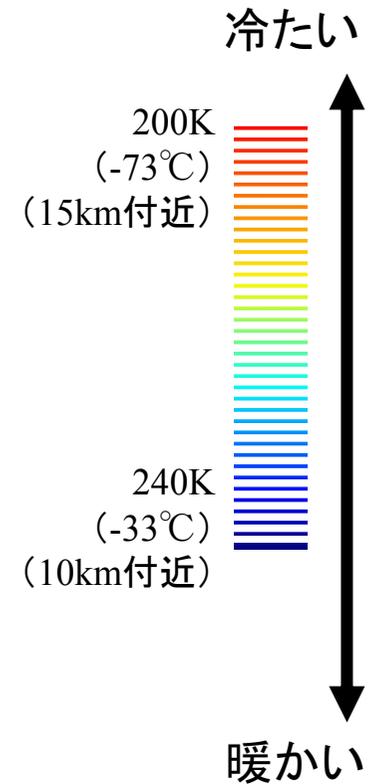
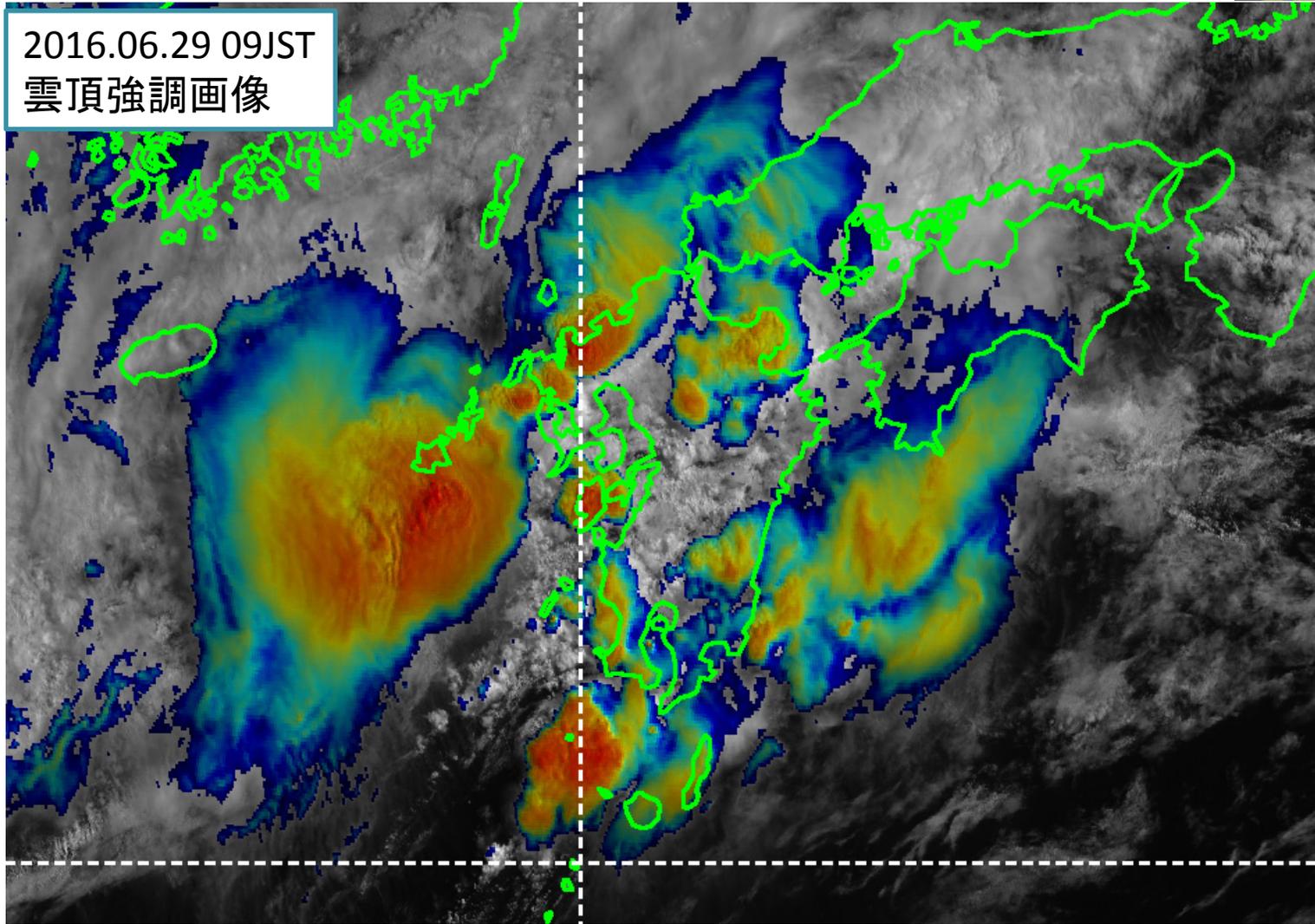
可視画像で、はっきり写っている。 ⇒ 厚みのある雲。

これも、2つのバンド(チャンネル)の観測を組み合わせた活用方法のひとつ。

可視と赤外の組み合わせ

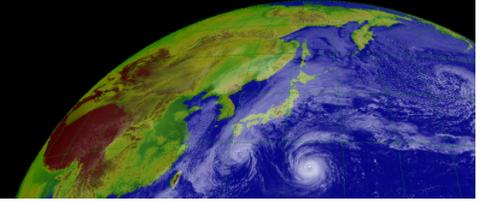


2016.06.29 09JST
雲頂強調画像

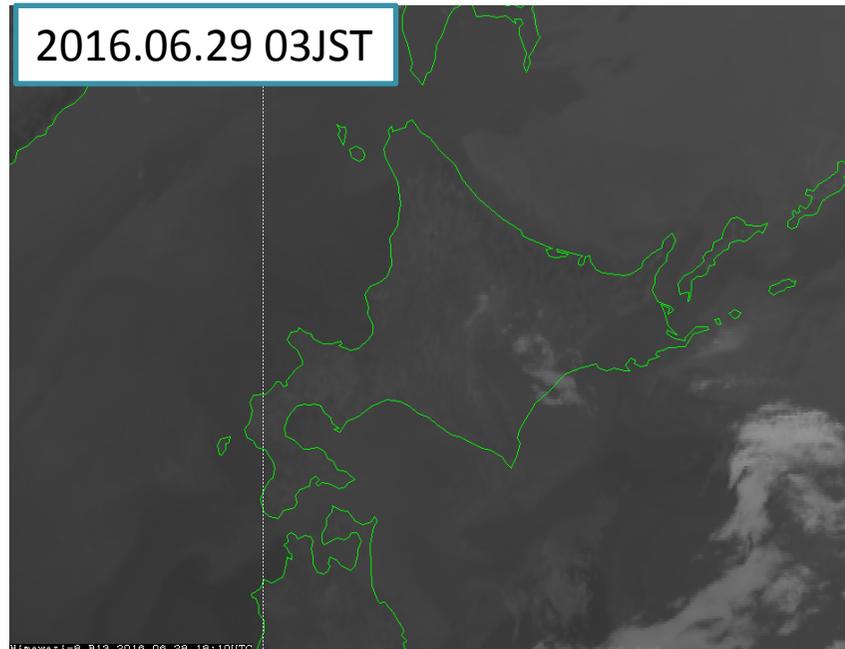


可視画像を「下絵」に、赤外画像の輝度温度の低い場所に色を付けた。
圏界面を突き抜けるような非常に発達した積乱雲が赤色で表現される。

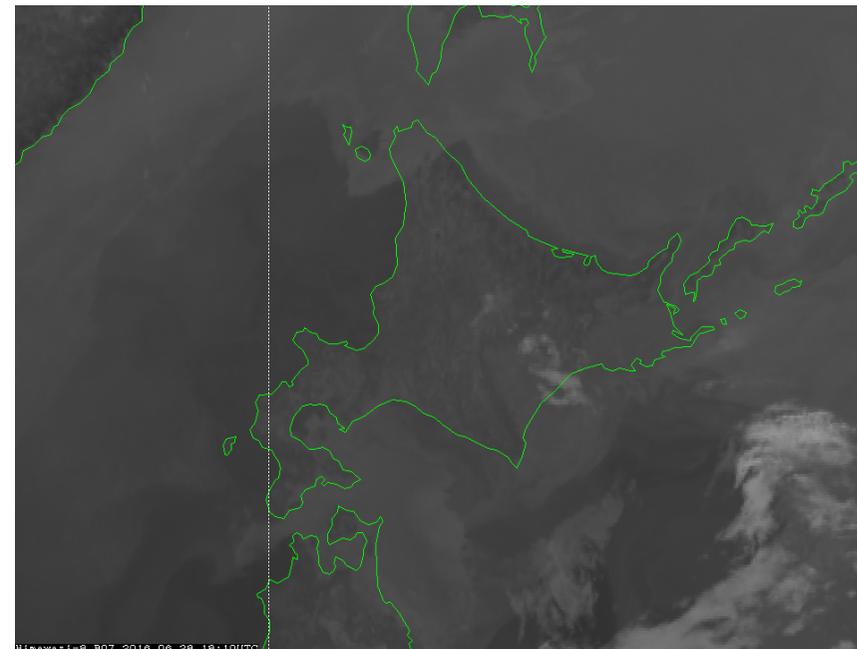
夜間の場合



赤外 (B13, 10.4 μm) (IR1)



短波長赤外 (B07, 3.9 μm) (IR4)

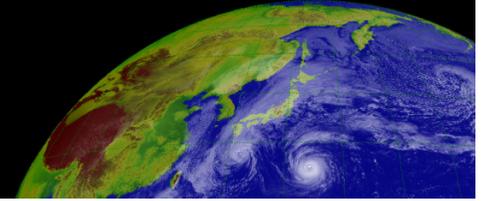


夜間は、可視画像が利用できない。代わりに短波長赤外 (B07 (IR4)) 画像を利用する。

B13 (10.4 μm) と B07 (3.9 μm) で、水に対する散乱の度合いが異なる。

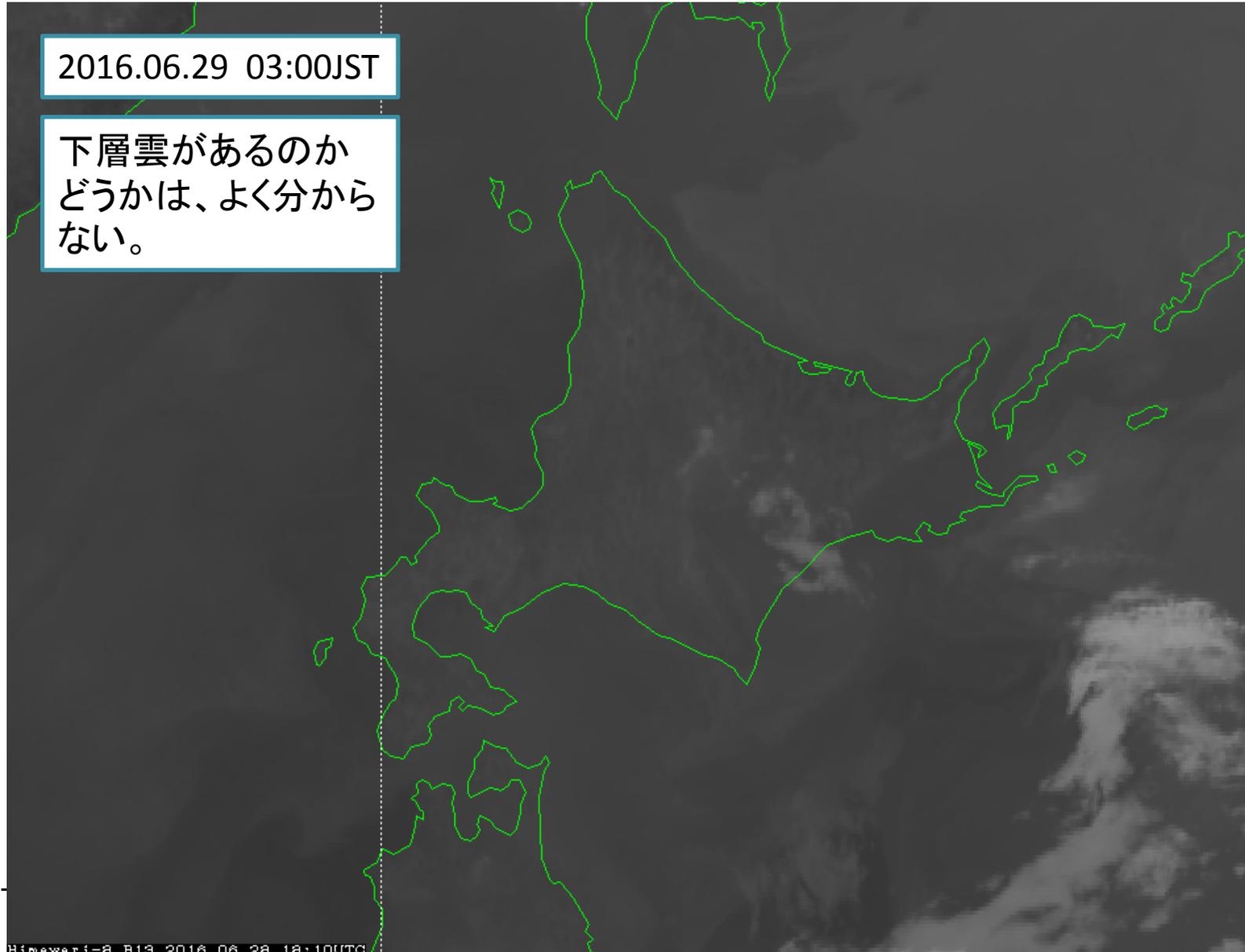
- ⇒ 観測する放射の強さが異なる。
- ⇒ 観測する輝度温度も異なる。

B13 (10.4 μ m) の画像



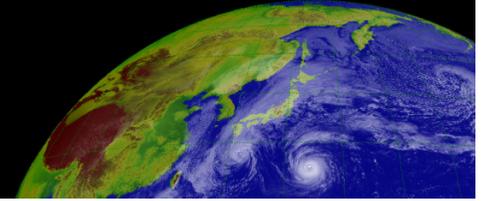
2016.06.29 03:00JST

下層雲があるのか
どうかは、よく分から
ない。



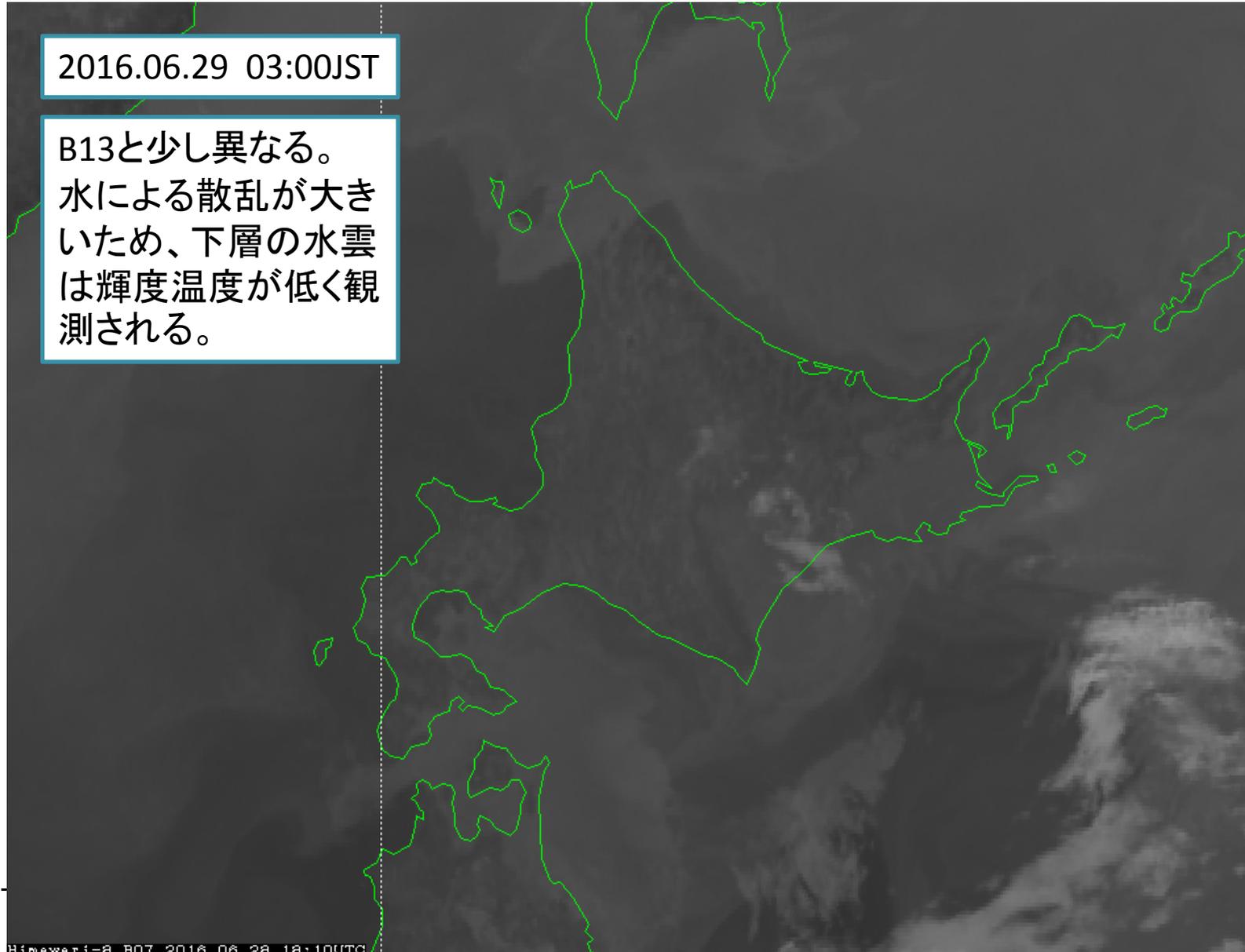
Himawari-8 B13 2016.06.28 18:10UTC

B07 (3.9 μ m) の画像

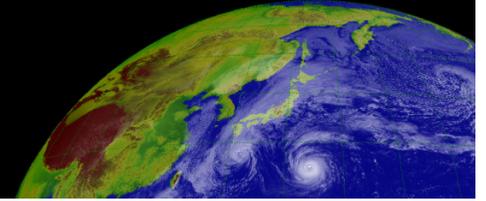


2016.06.29 03:00JST

B13と少し異なる。
水による散乱が大きい
ため、下層の水雲
は輝度温度が低く観
測される。

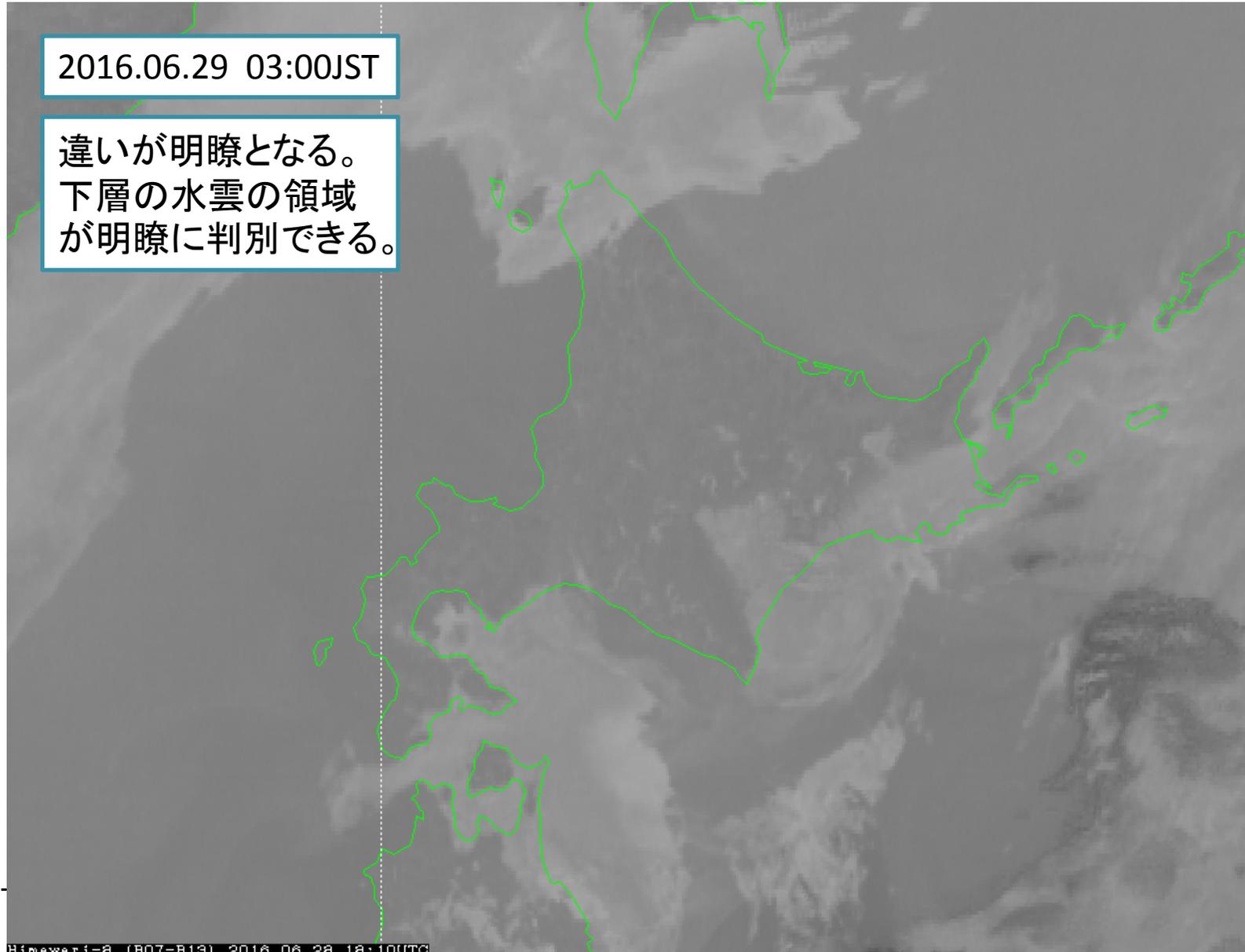


B13とB07で差分をとる

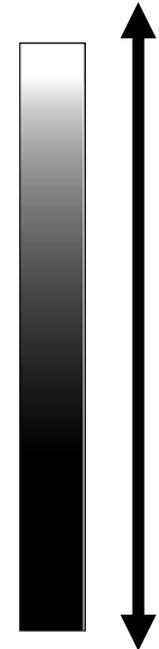


2016.06.29 03:00JST

違いが明瞭となる。
下層の水雲の領域
が明瞭に判別できる。

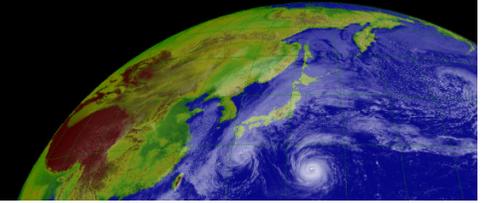


B07 低



B07 高

夜用雲解析画像



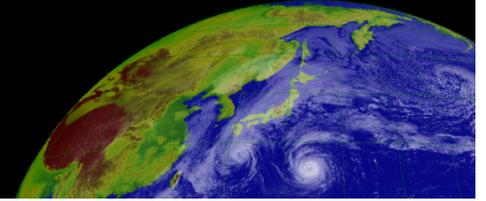
2016.06.29 03:00JST

色を付ける。
(夜用雲解析画像)
水色の領域が、下層
の水雲。

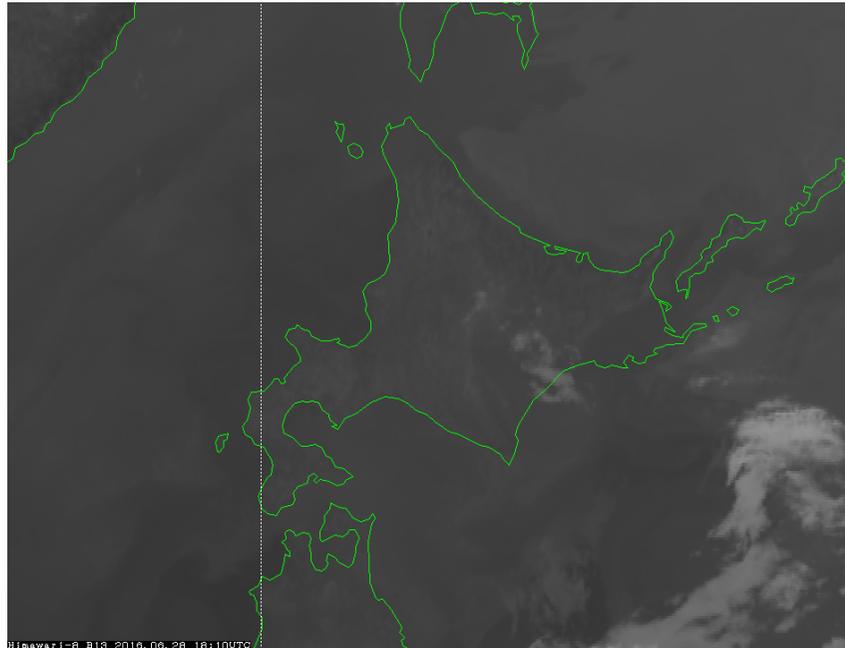
B07,B13,B15を組み
合わせて作成。

釧路	: 霧	視程800m
室蘭	: 霧	視程300m
青森	: 霧	視程200m

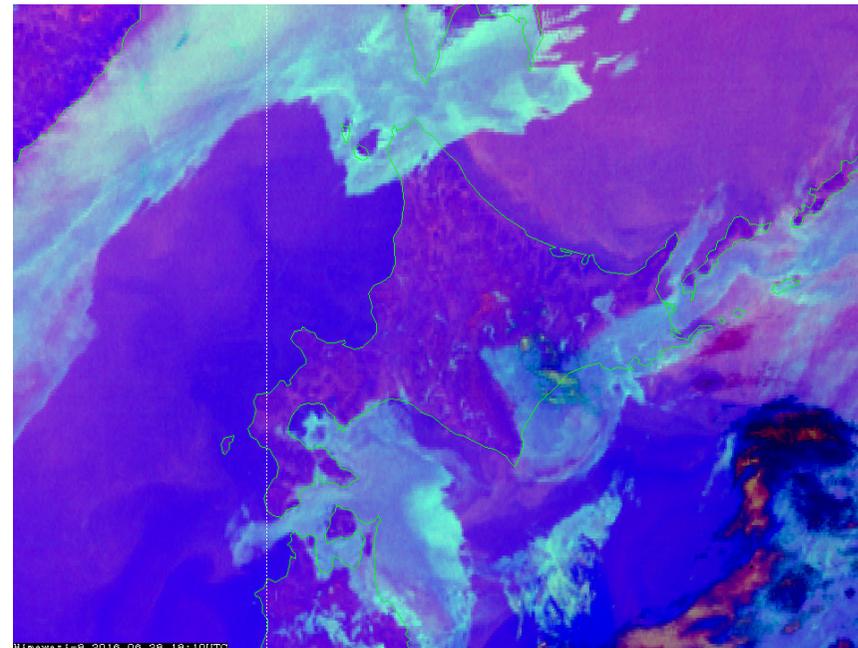
夜間の場合



赤外 (B13, $10.4 \mu\text{m}$)



夜用雲解析画像 (B07, 13, 15)

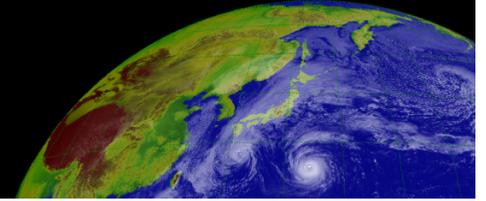


夜間は、可視画像が利用できない。代わりに短波長赤外 (B07, $3.9 \mu\text{m}$) 画像を利用する。

物質 (水雲) の波長による特性を利用すると、下層雲を抽出できる。

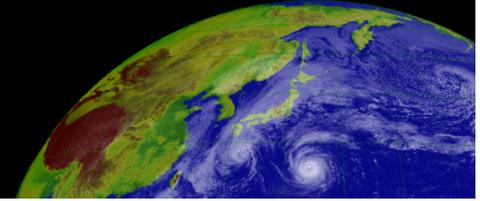
⇒ ひまわり7号でも可能な技術。

巻雲の見え方（昼）

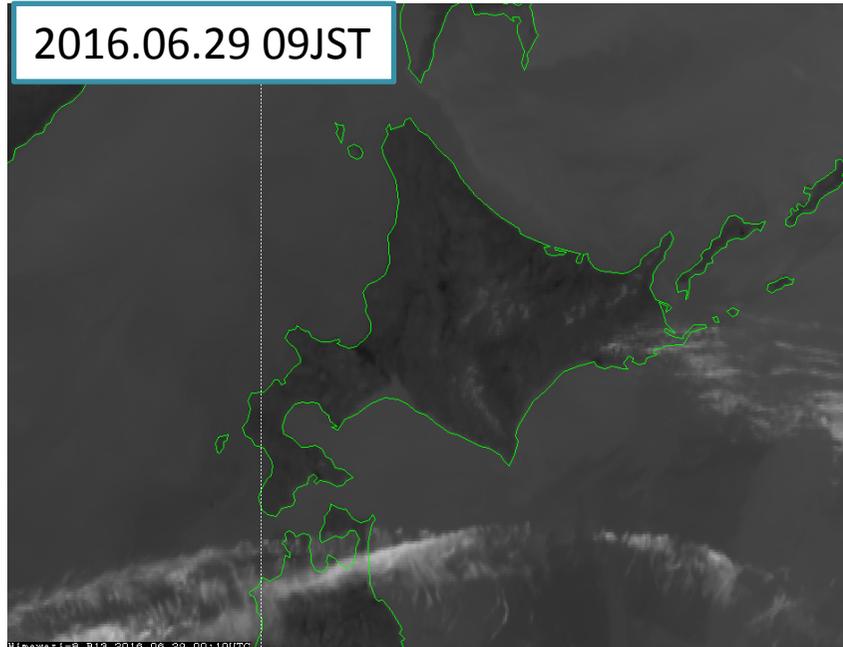


- 上空の高いところに存在する。
（温度が低い）
- 薄い。
（可視で見ると透ける。）

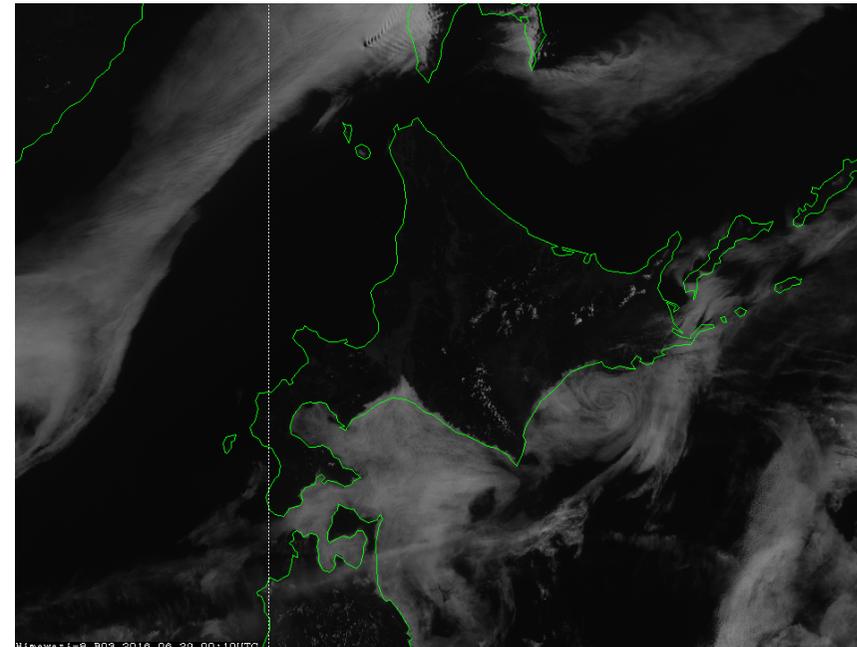
日中の巻雲



赤外 (B13, 10.4 μm)



可視 (B03, 0.64 μm)



青森県付近の東西に延びる雲域に着目する。

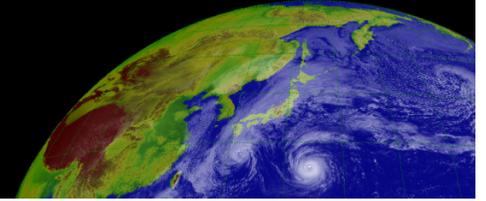
赤外画像では、白く明瞭に写っている。 ⇒ 上層の冷たい雲

可視画像では、海上の下層雲にくらべて、不明瞭。(透けて見えている。)

⇒ 光学的に薄い雲。

赤外と可視の2つを利用すると、上層の薄い雲 : 巻雲 だと判別できる。

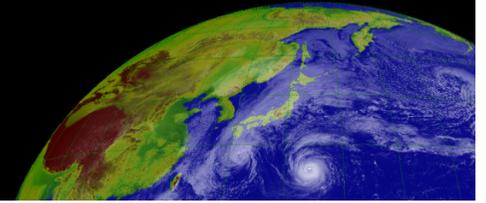
巻雲の見え方（夜）



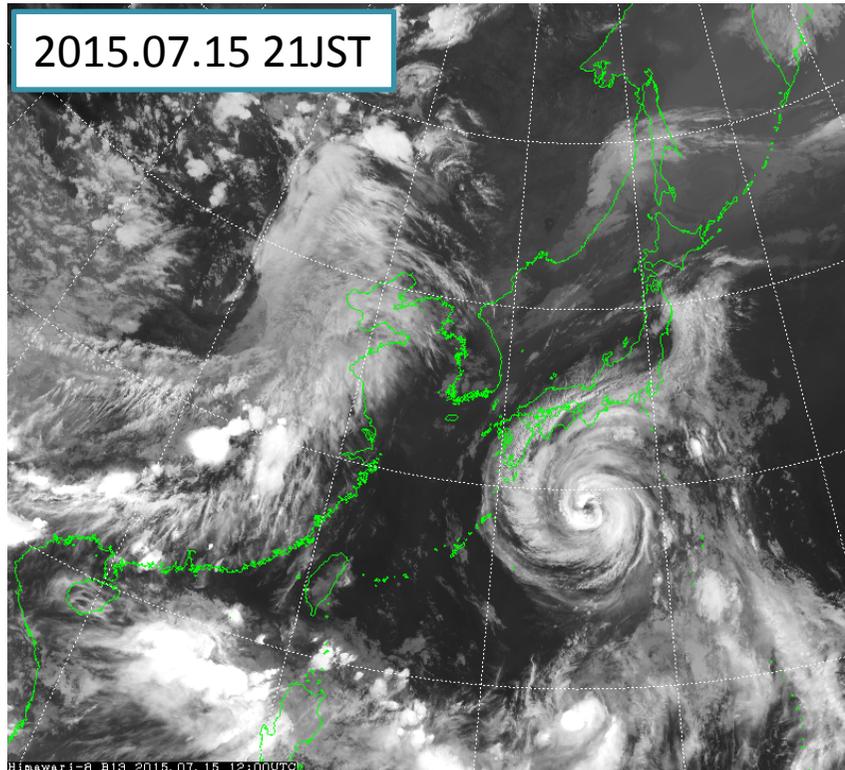
- 氷粒子で出来ている
- 薄い
 - 巻雲の下からの放射が、一部吸収されて、衛星に到達する
 - 波長によって、吸収の強さが異なる。
 - B07(3.9 μ m), B13(10.4 μ m), B15(12.4 μ m)

吸収は	B07 < B13 < B15
観測される輝度温度	B07 > B13 > B15

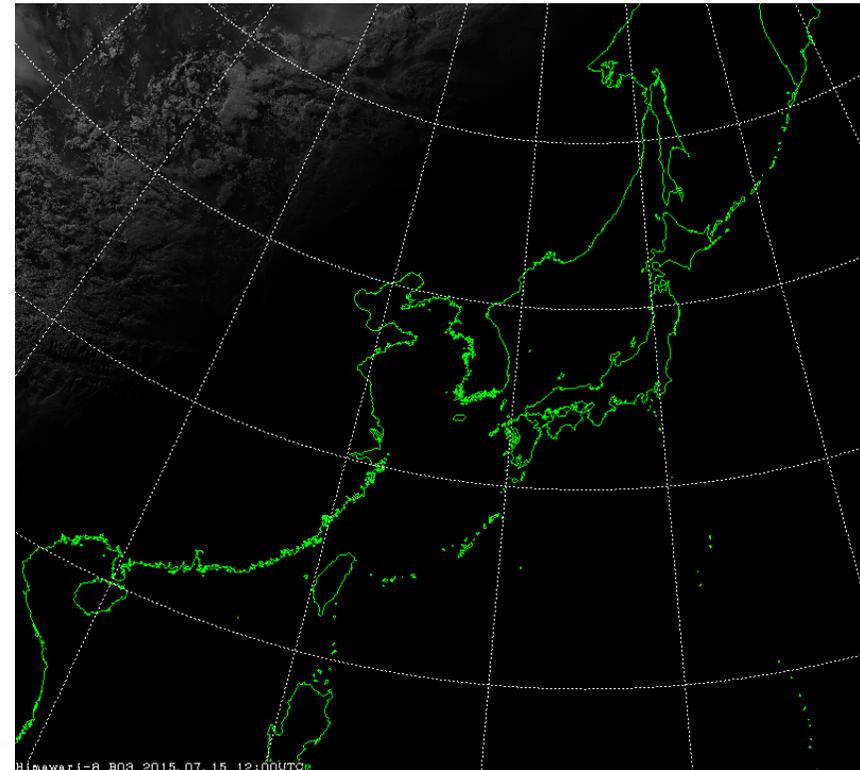
夜間の巻雲



赤外 (B13, $10.4 \mu\text{m}$)

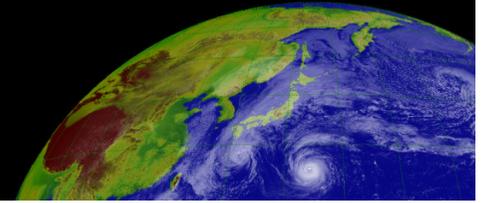


可視 (B03, $0.64 \mu\text{m}$)

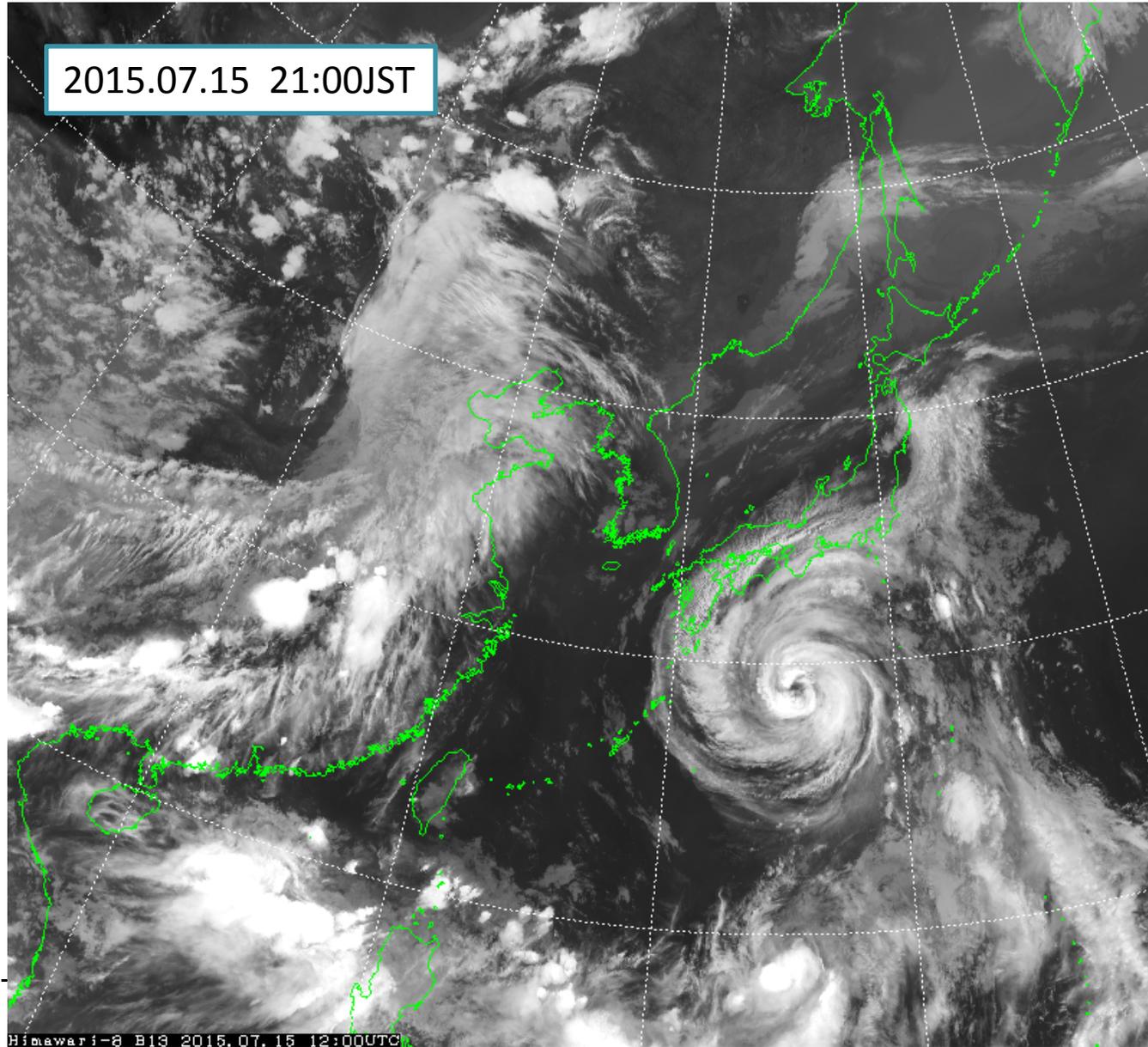


夜間は、可視画像が利用できない。
代わりに複数の赤外画像を利用する。B07 ($3.9\mu\text{m}$), B15 ($12.4\mu\text{m}$)

B13 (10.4 μm) の画像

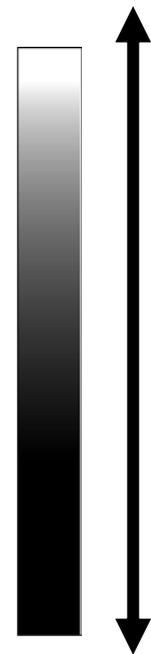


2015.07.15 21:00JST



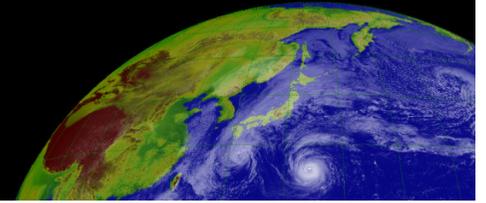
台風周辺の雲域
中国東北区の雲域
に着目する。

輝度温度低

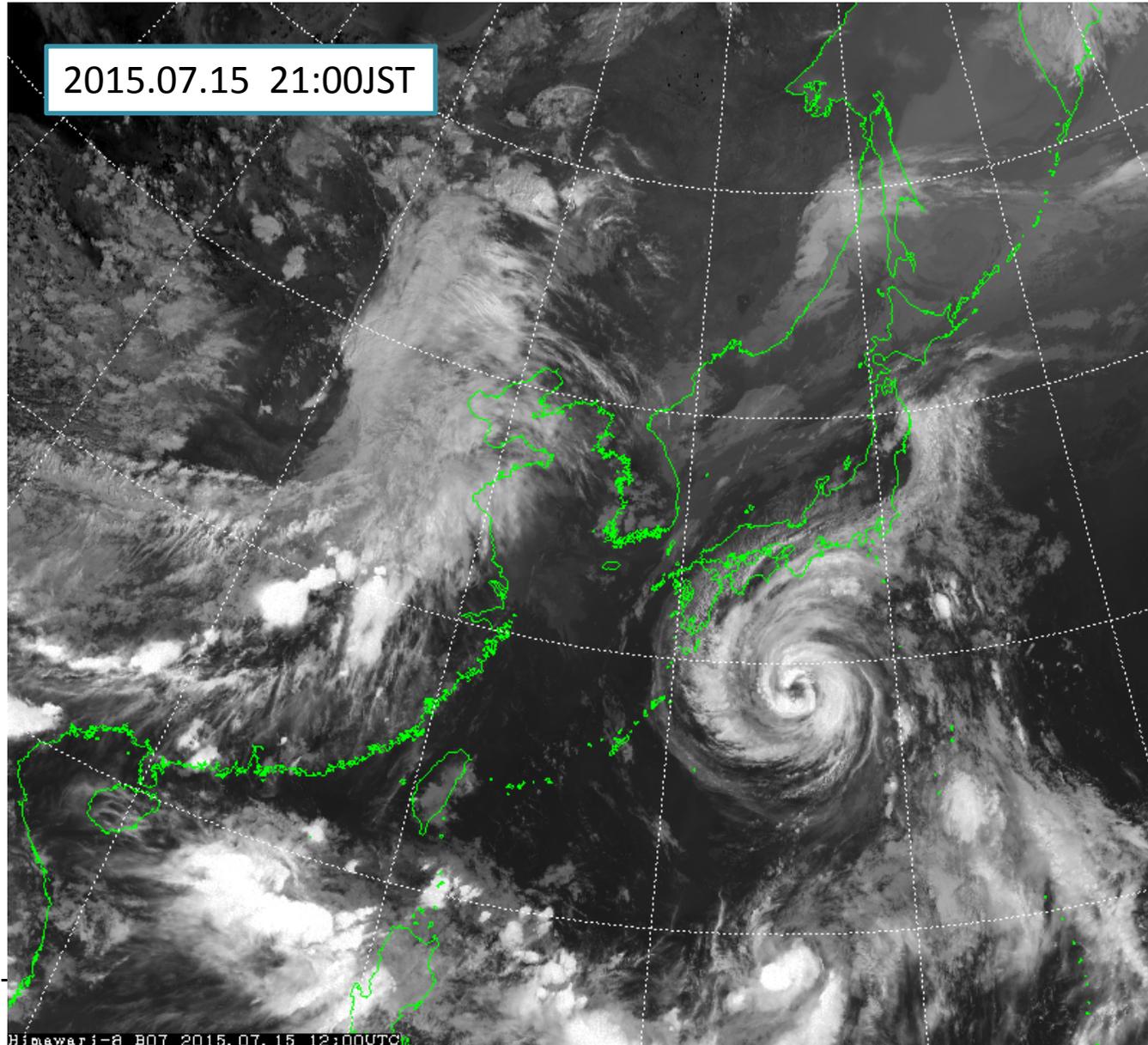


輝度温度高

B07 (3.9 μ m) の画像

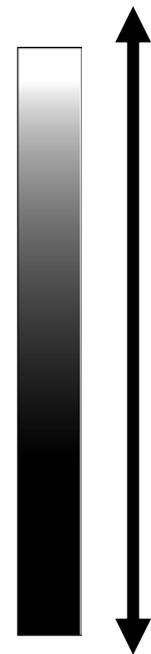


2015.07.15 21:00JST



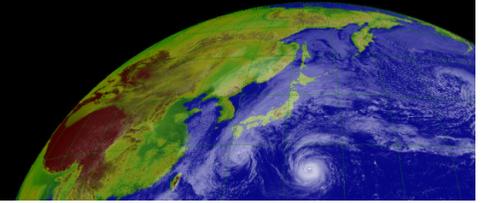
B13と比べると少し暗い。
つまり、輝度温度が高い。

輝度温度低

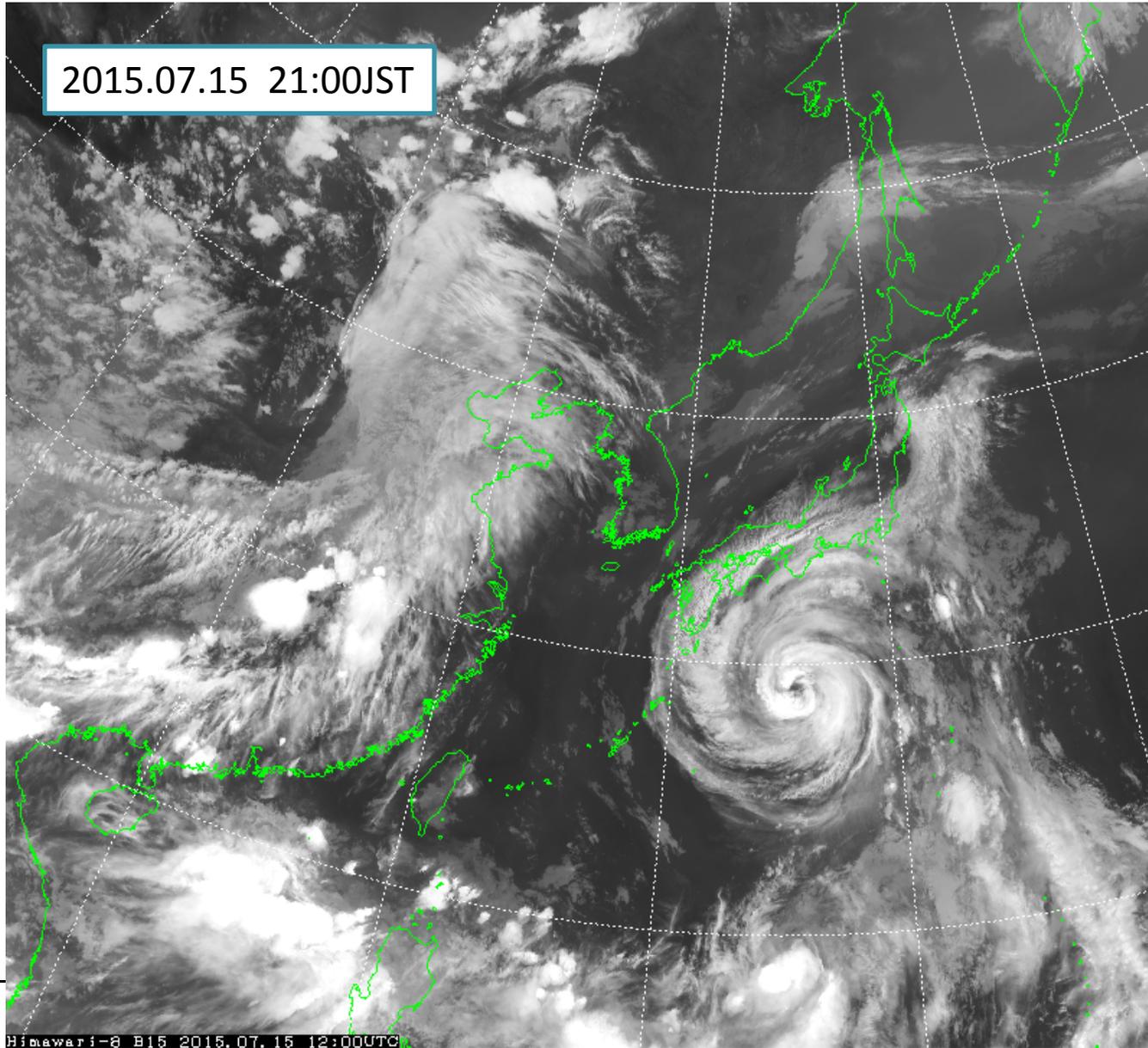


輝度温度高

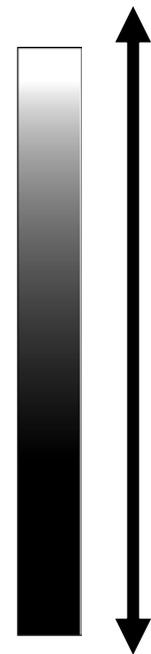
B15 (12.4 μ m) の画像



2015.07.15 21:00JST

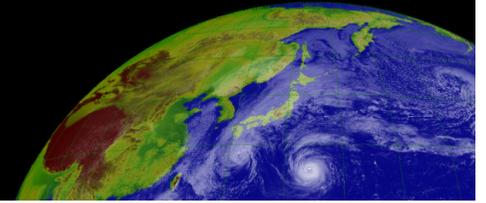


輝度温度低



輝度温度高

B07-B13の差分画像



2015.07.15 21:00JST

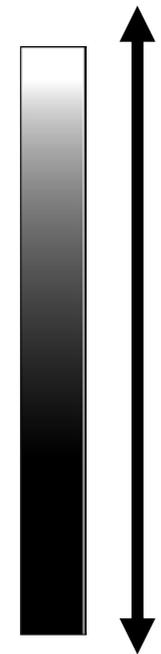
B07-B13 (IR4-IR1)

上層の薄い巻雲

B07の方が輝度温度が高いので、画像では、黒く表示される。

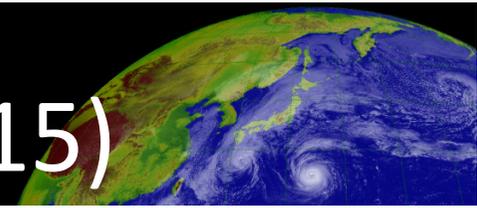
B07が低い

B07が高い



台風周辺、中国東北区の黒い領域は、上層の巻雲だと判別できる。

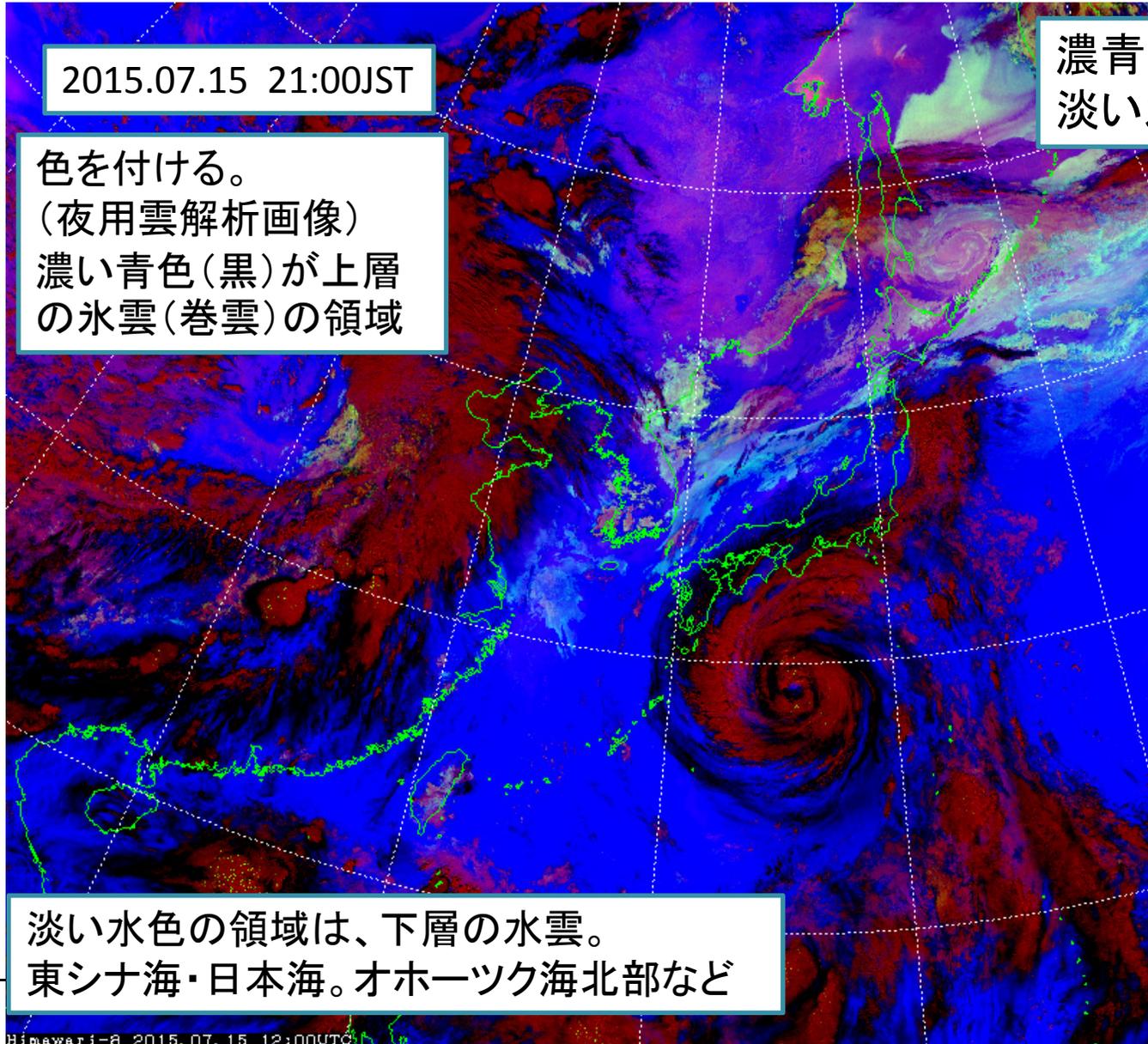
夜用雲解析画像(B07、B13、B15)



2015.07.15 21:00JST

濃青(黒) : 上層雲(氷雲)
淡い水色 : 下層雲(水雲)

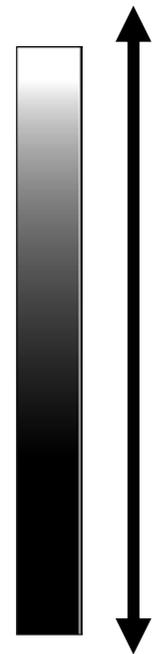
色を付ける。
(夜用雲解析画像)
濃い青色(黒)が上層
の氷雲(巻雲)の領域



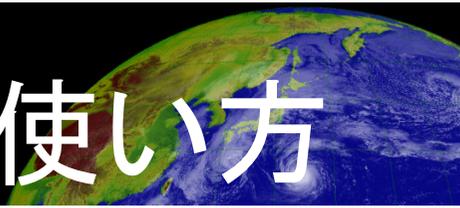
淡い水色の領域は、下層の水雲。
東シナ海・日本海。オホーツク海北部など

B07が低い
⇒ 下層雲

B07が高い
⇒ 上層雲

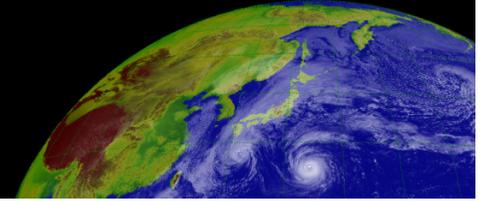


ひまわり7号までの画像の使い方



- ひまわり7号までの使い方
 - 日中の場合 **B03とB13の利用**
 - 夜間の場合 **B13とB07,B15の利用**
- 今まで、複数バンドを組み合わせて利用すると、下層雲、上層雲を検出可能

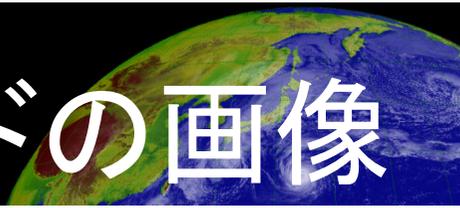
目次



- 衛星が観測するもの
 - 電磁波とは？
- 電磁波の射出・吸収・散乱

- 衛星画像の見え方
 - ひまわり7号までの画像の使い方
 - ひまわり8号からの多バンドの画像
 - RGB合成画像

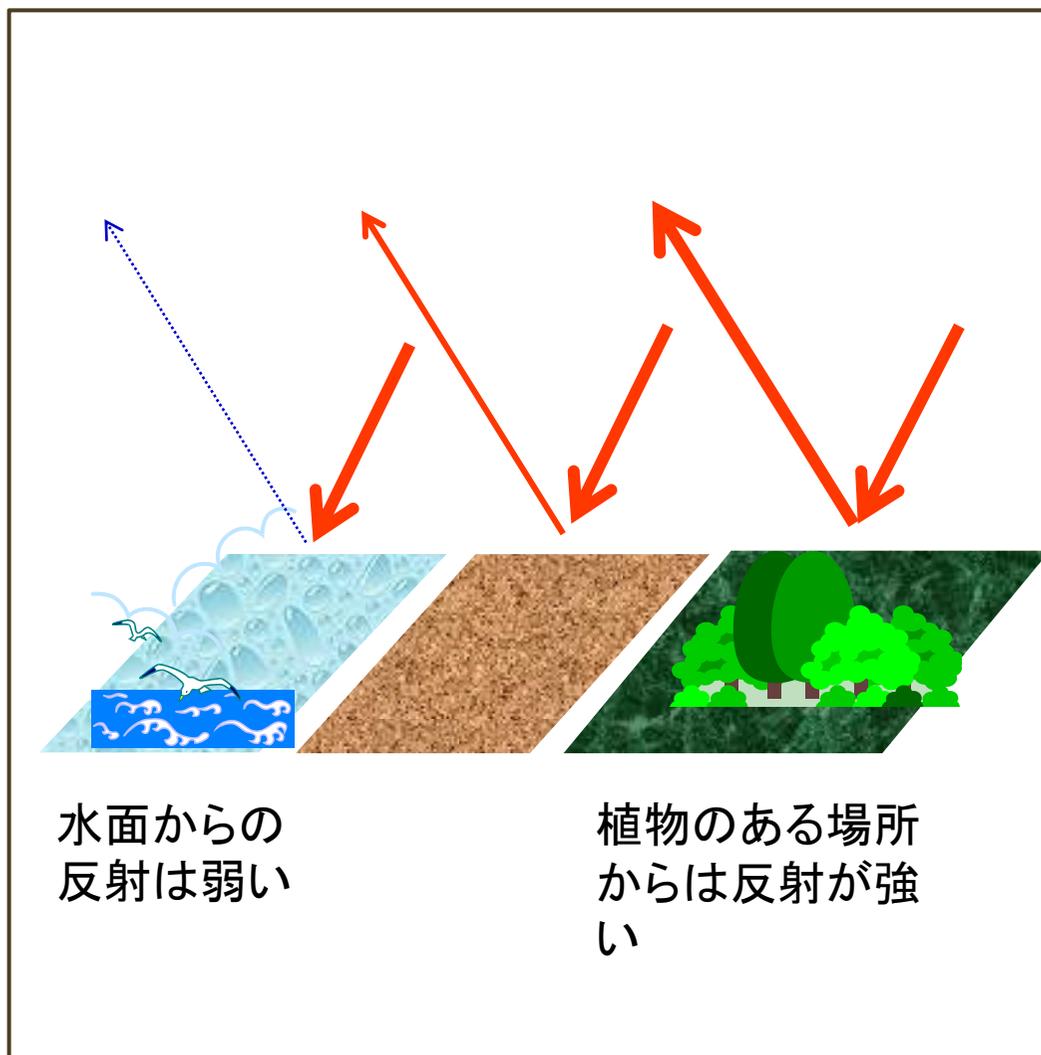
ひまわり8号からの多バンドの画像



- 新しいバンドの見え方の紹介
 - 水雲と氷雲の判別
 - 地上の植生の判別

(16バンドの一部を紹介)

近赤外 (B04, 0.86 μ m) 画像の見え方

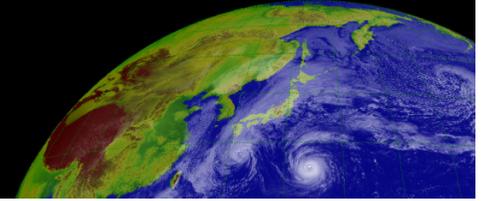


雲や地表面から反射した太陽光を観測

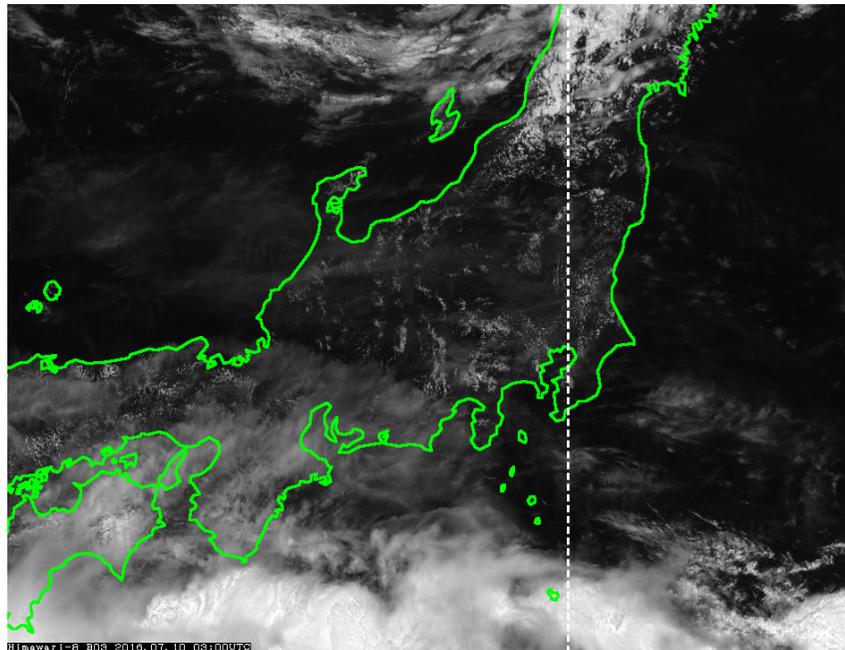
反射が強い : 白
反射が弱い : 黒

植生からの反射が強い
海面と陸地でも反射の強さが異なる。

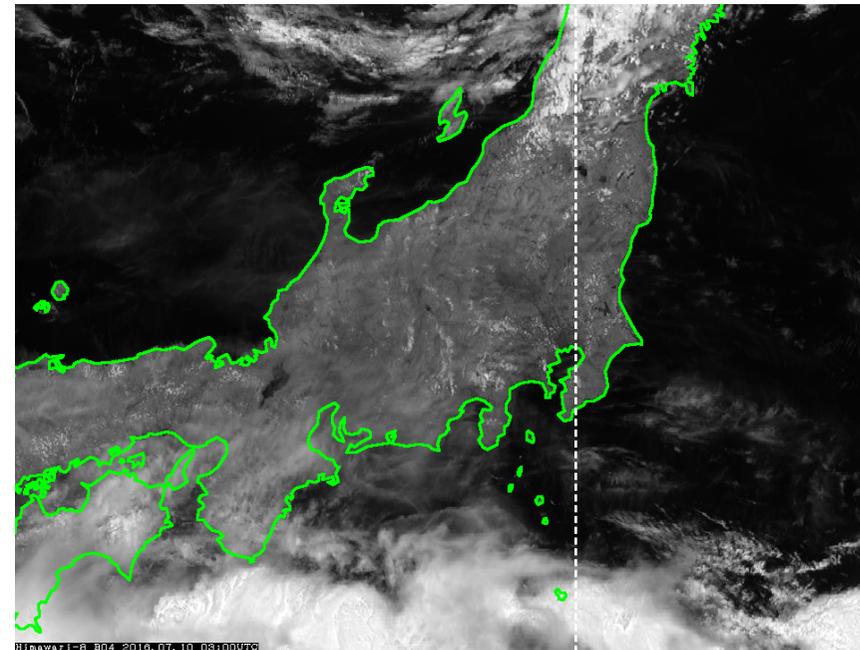
地上の植生



B03 (0.64 μm) 画像



B04 (0.86 μm) 画像



植生による反射特性の違い

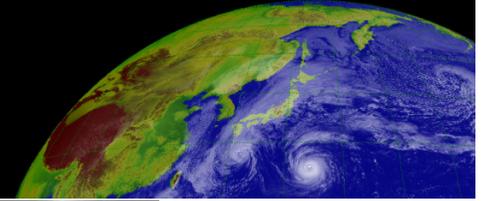
B03 (0.64 μm) 付近の波長では、植物のある場所に反応するわけではない。

(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。

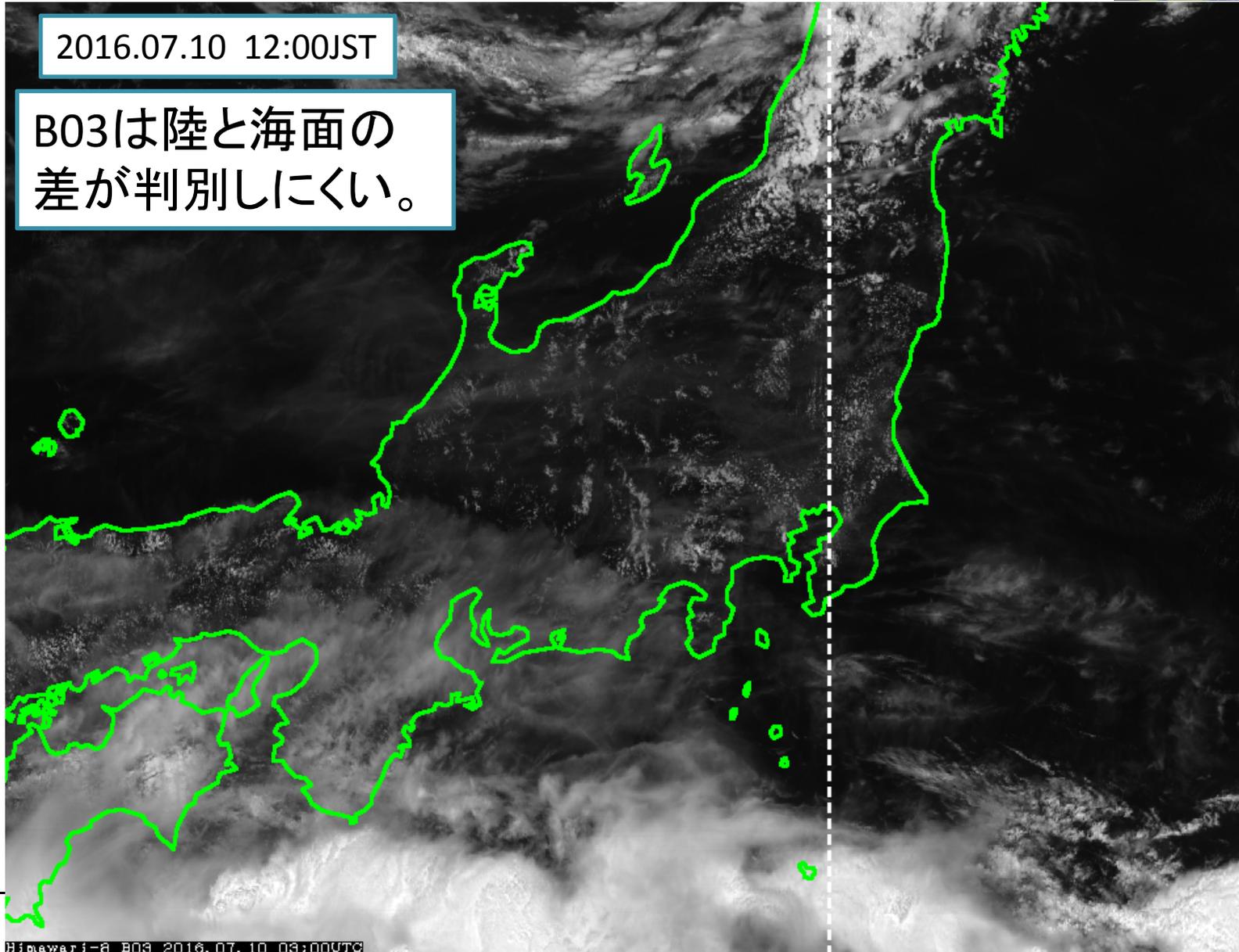
(海面との差がはっきり判別できる。)

可視 (B03:0.64 μ m) 画像



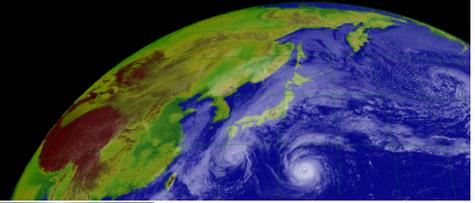
2016.07.10 12:00JST

B03は陸と海面の
差が判別しにくい。



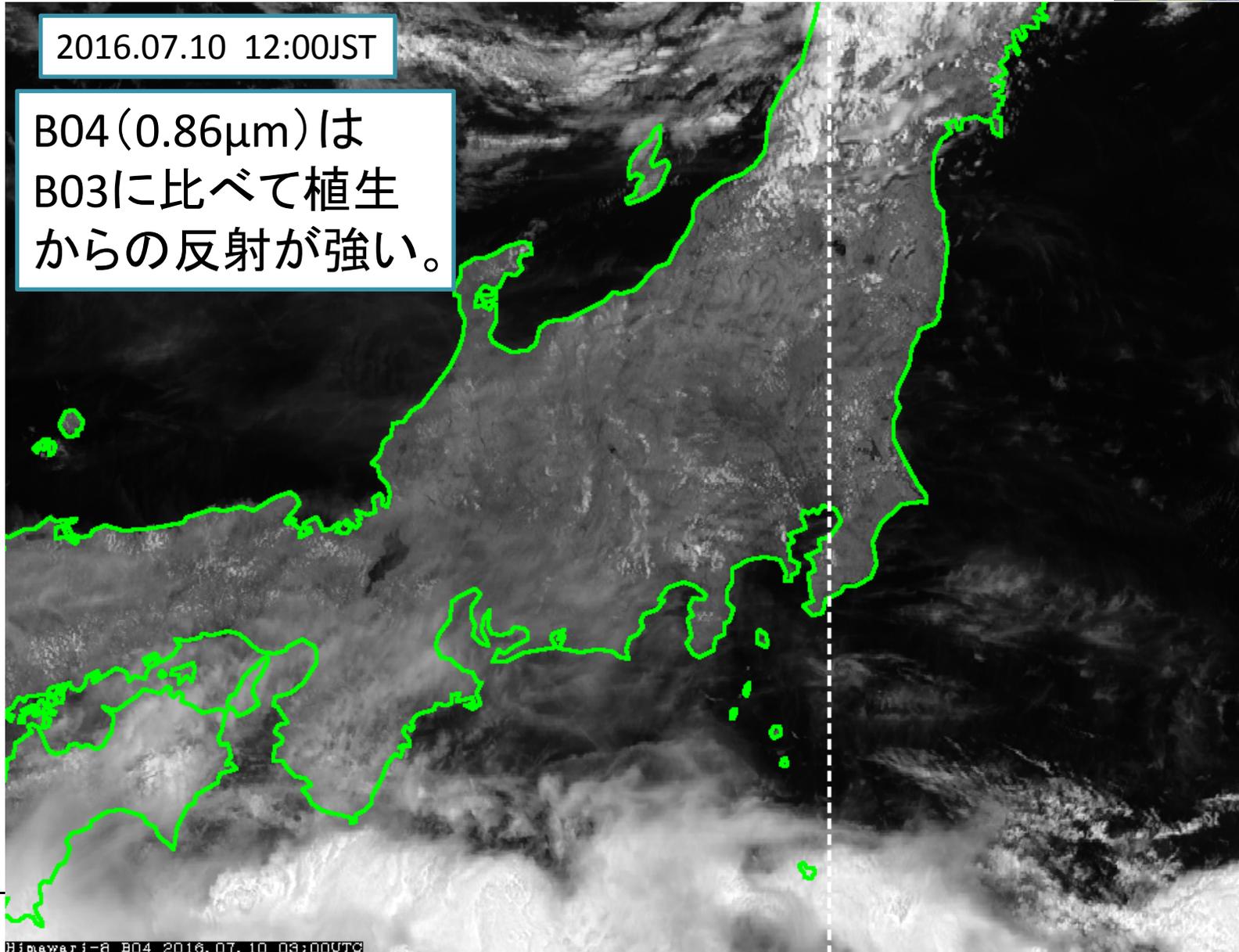
Himawari-8 B03 2016.07.10 03:00UTC

近赤外 (B04:0.86 μ m) 画像



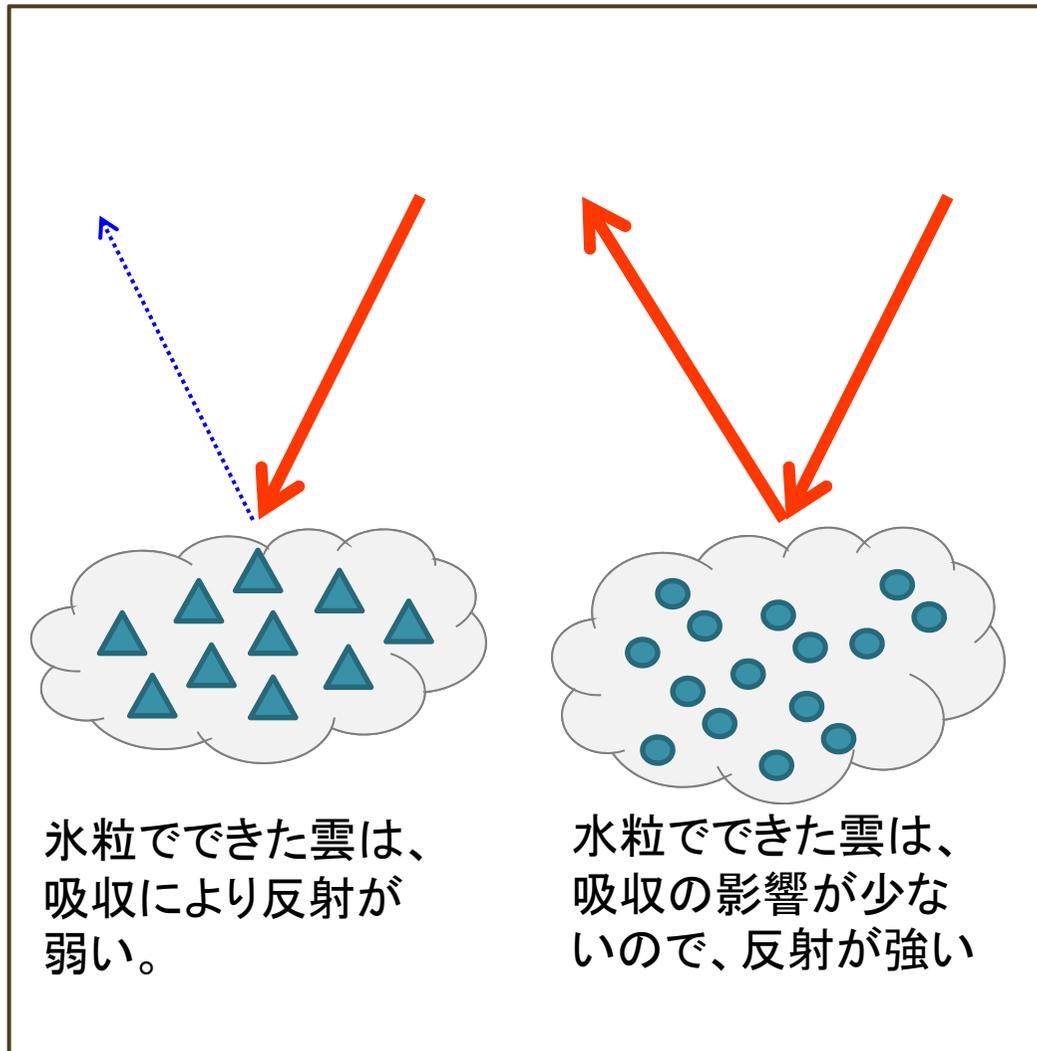
2016.07.10 12:00JST

B04 (0.86 μ m) は
B03に比べて植生
からの反射が強い。



Himawari-8 B04 2016.07.10 03:00UTC

近赤外 (B05, 1.6 μm) 画像の見え方



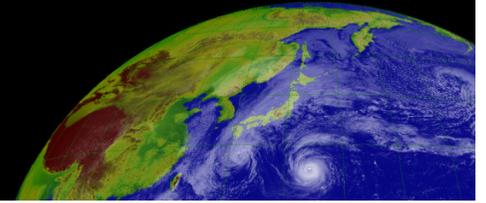
雲や地表面から反射した
太陽光を観測

反射が強い : 白
反射が弱い : 黒

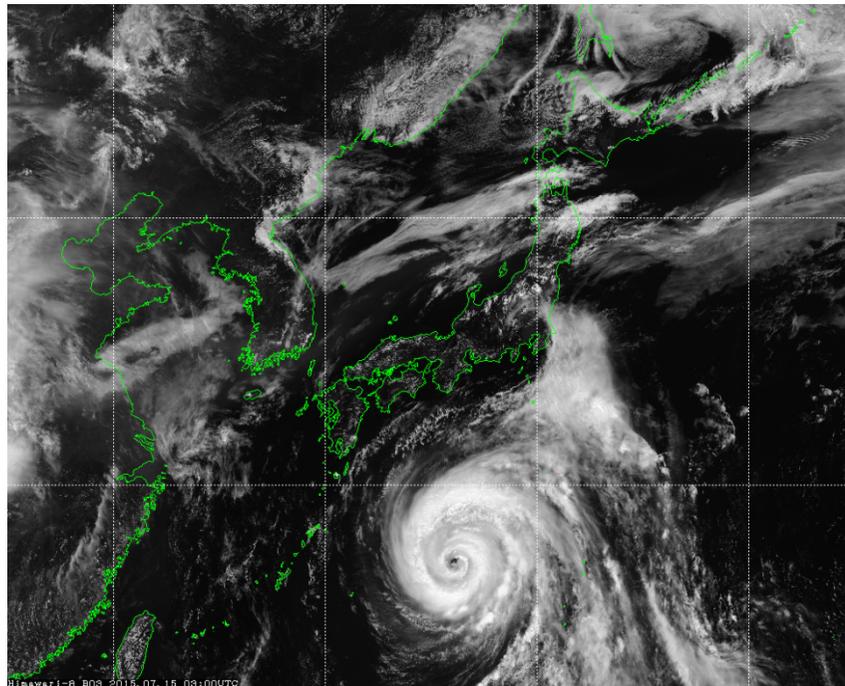
氷からの反射が弱い。
(氷による吸収)

氷粒の大きさにも依存

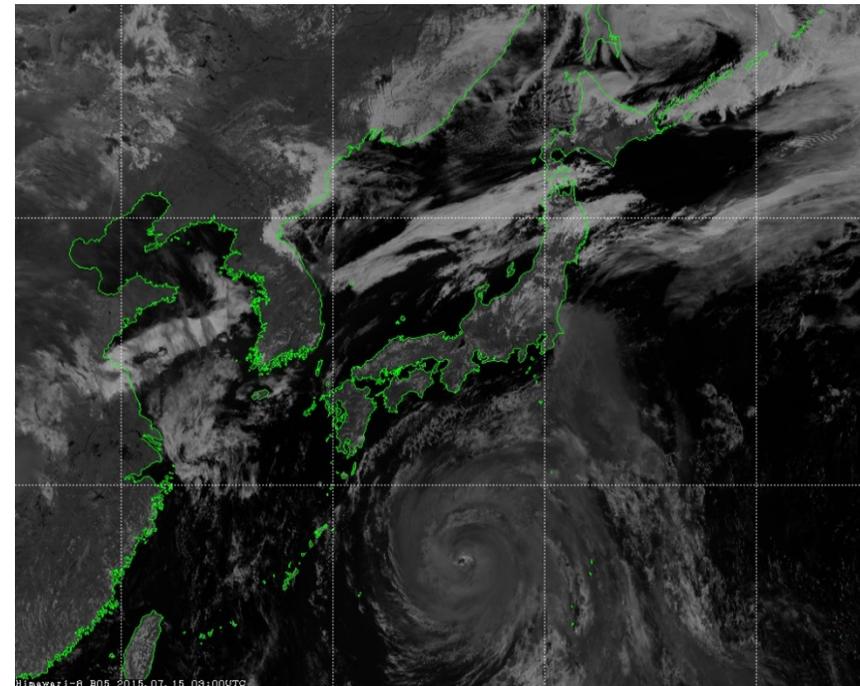
水雲と氷雲の判別



B03 (0.64 μm) 画像



B05 (1.6 μm) 画像

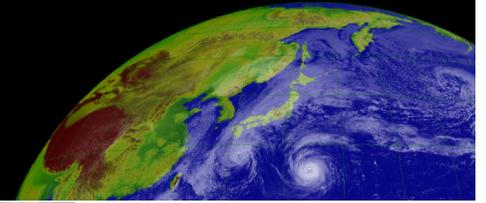


水と氷の特性の違いを利用する。

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。

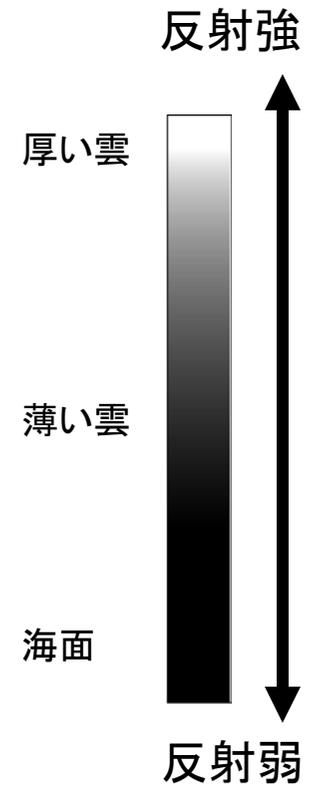
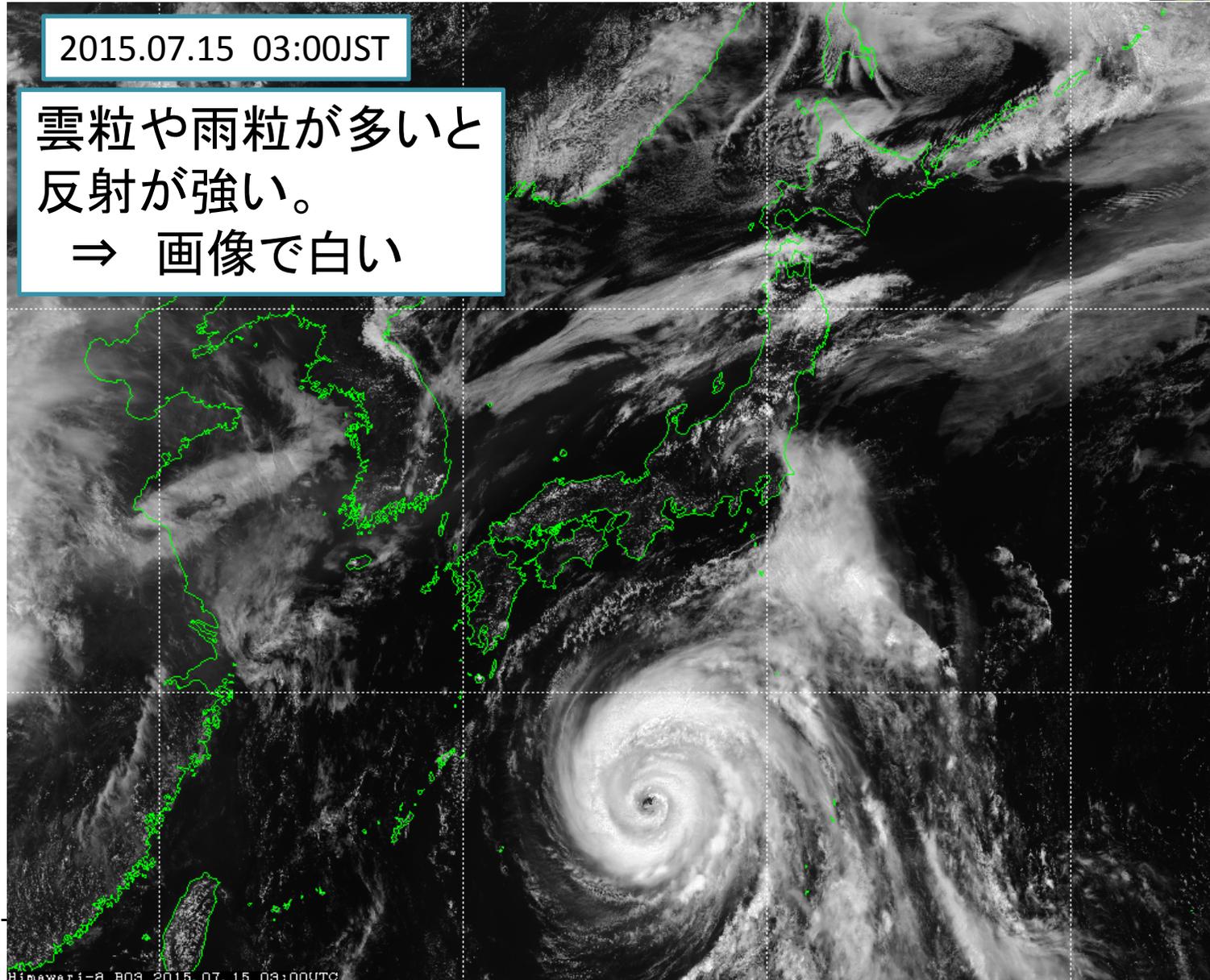
B05 (1.6 μm) 付近の波長では、氷は電磁波(近赤外線)を吸収する。

可視 (B03:0.64 μ m) 画像

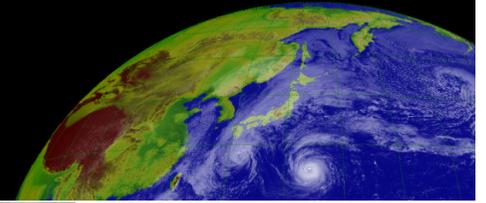


2015.07.15 03:00JST

雲粒や雨粒が多いと
反射が強い。
⇒ 画像で白い

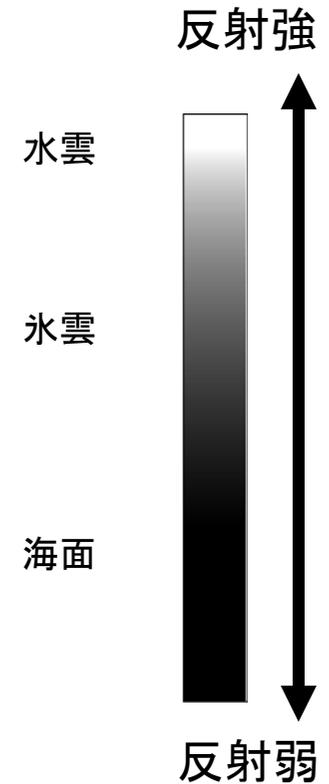


近赤外 (B05:1.6 μm) 画像



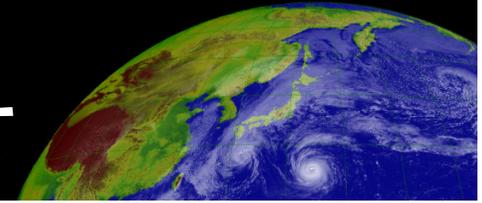
2015.07.15 12:00JST

氷のある場所は、
氷による吸収のため
反射が弱い。
⇒ 画像上で暗い

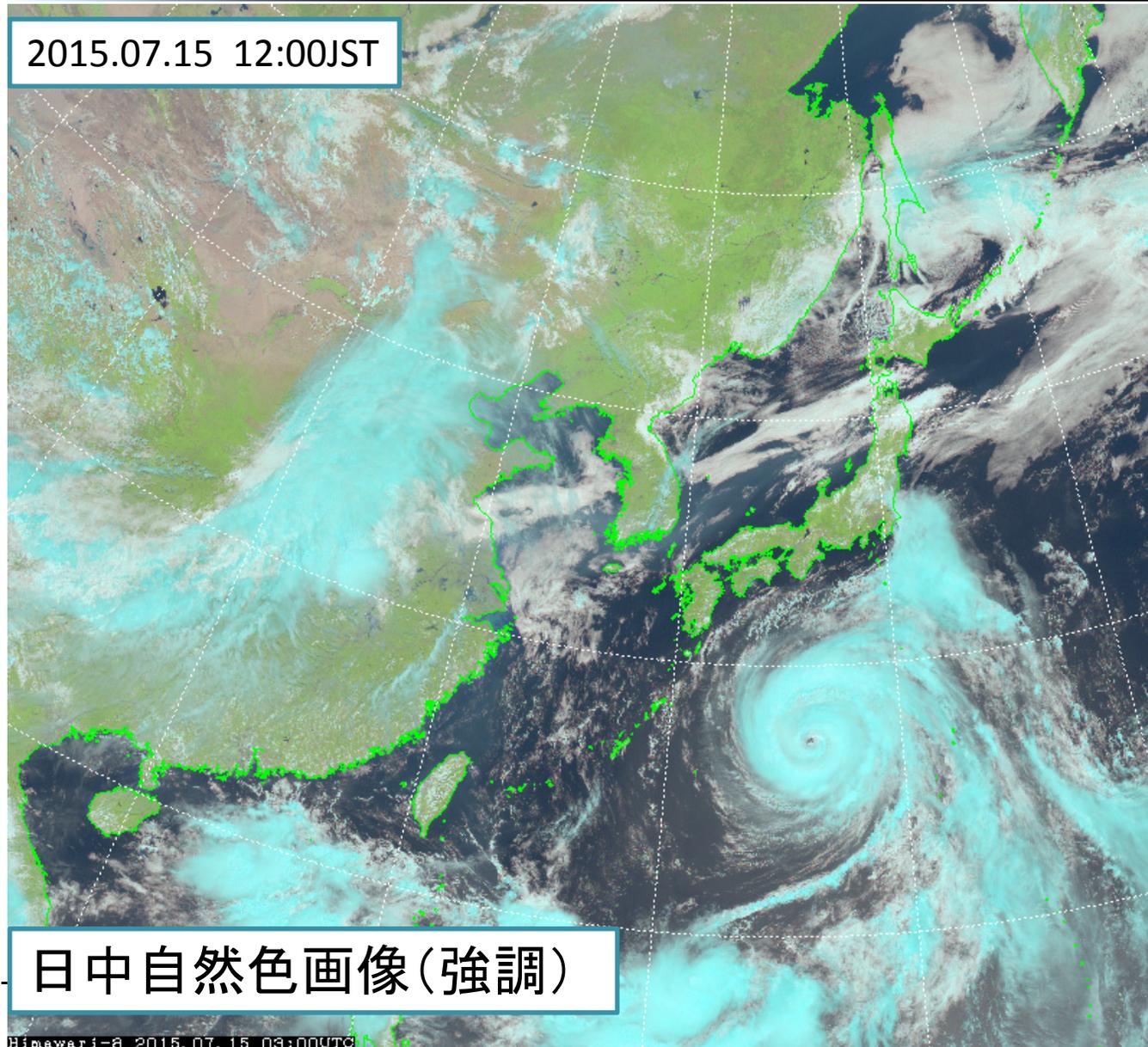


氷粒子の大きさにも依存

B03,B04,B05の組み合わせ



2015.07.15 12:00JST



B03とB04の特性の違い
植生の有無

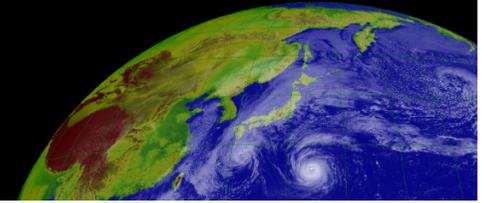
緑色 : 植生あり
「砂」色 : 砂漠など

B03とB05の特性の違い
氷雲と水雲の判別

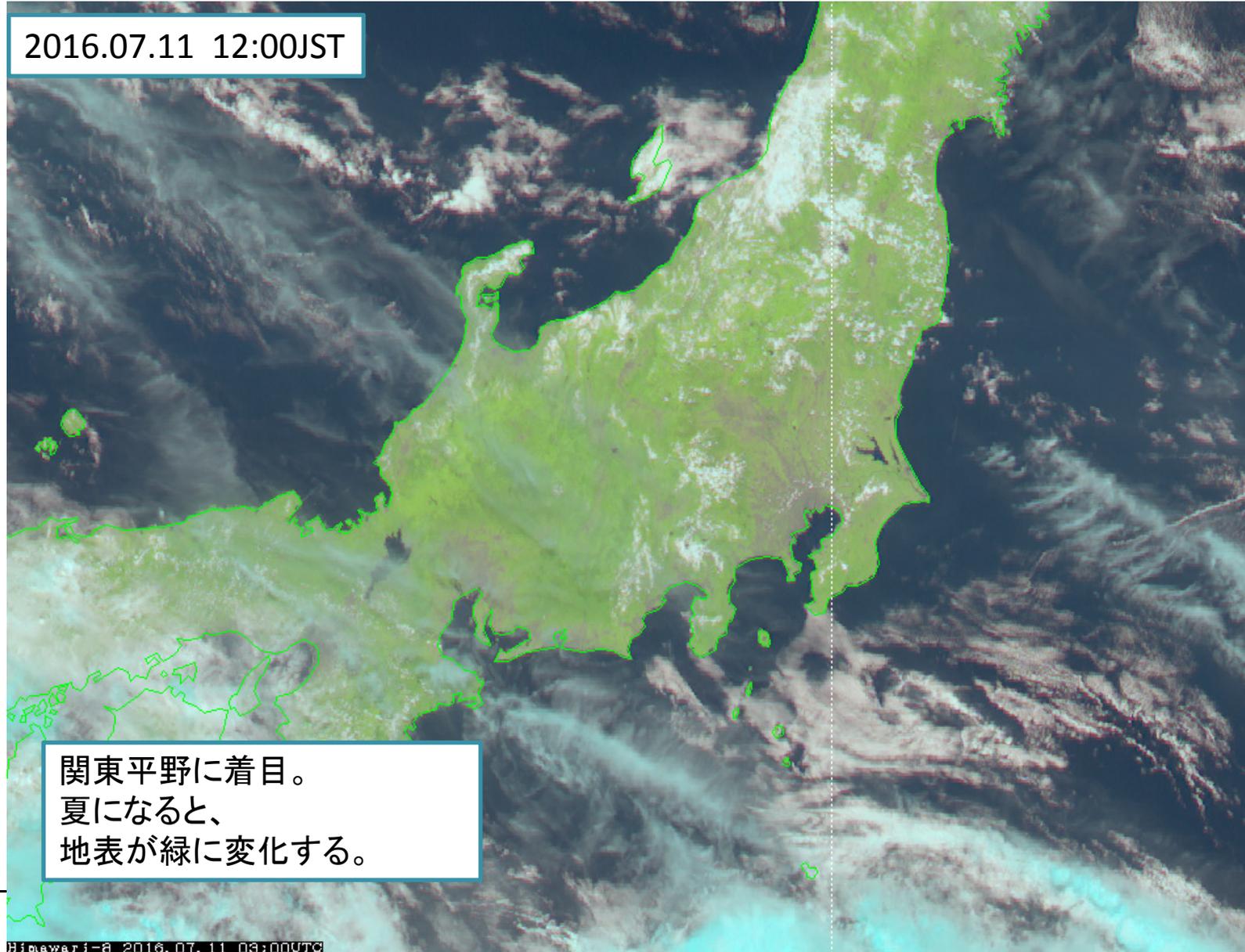
シアン : 氷雲(上層雲)
白色 : 水雲(下層雲)

日中自然色画像(強調)

日中自然色画像(強調)



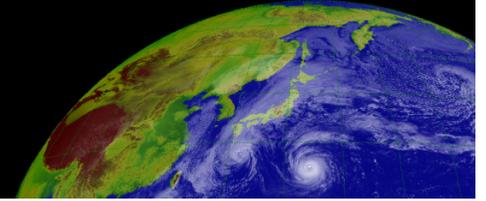
2016.07.11 12:00JST



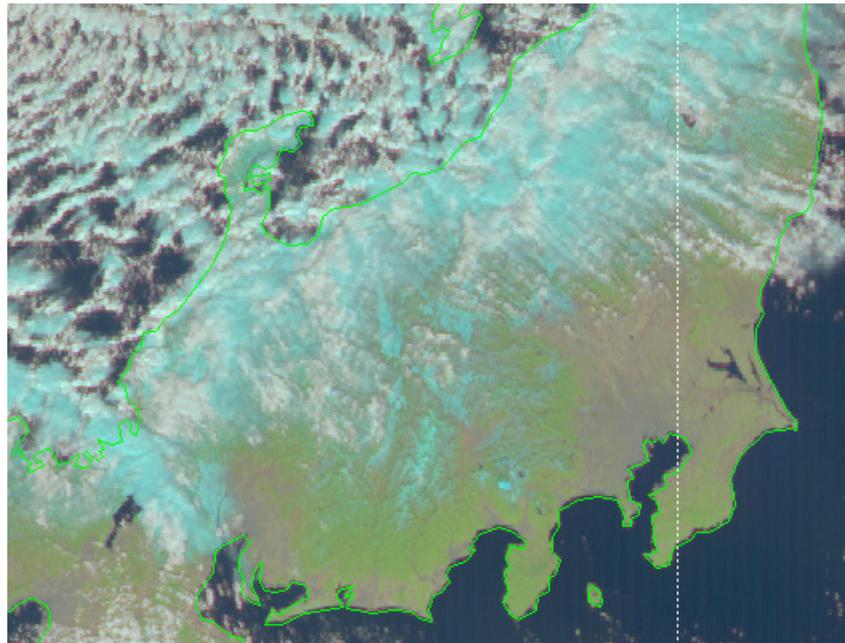
関東平野に着目。
夏になると、
地表が緑に変化する。

Himawari-8 2016.07.11 03:00UTC

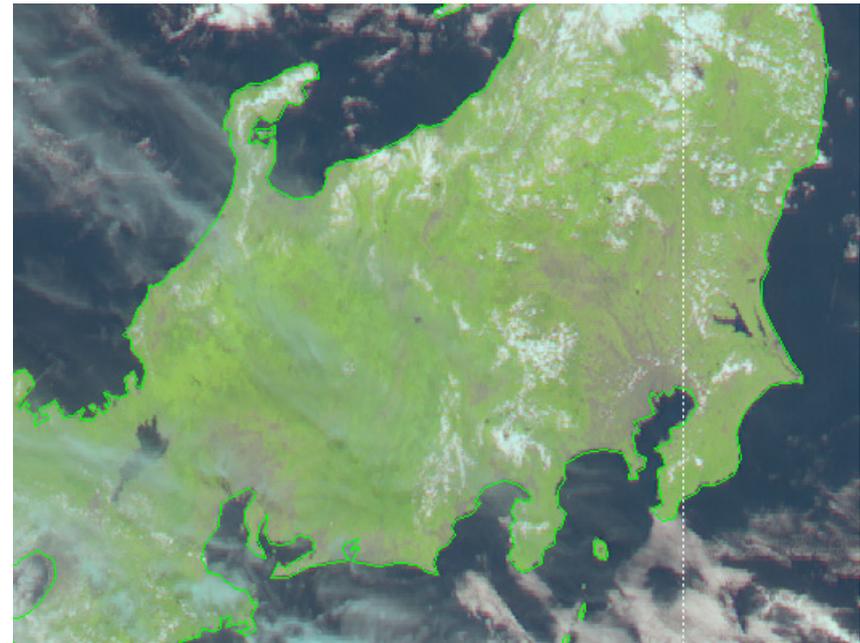
地表面の違い



2016.01.25



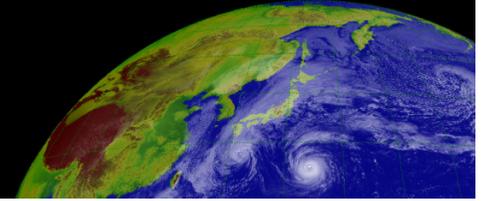
2016.07.11



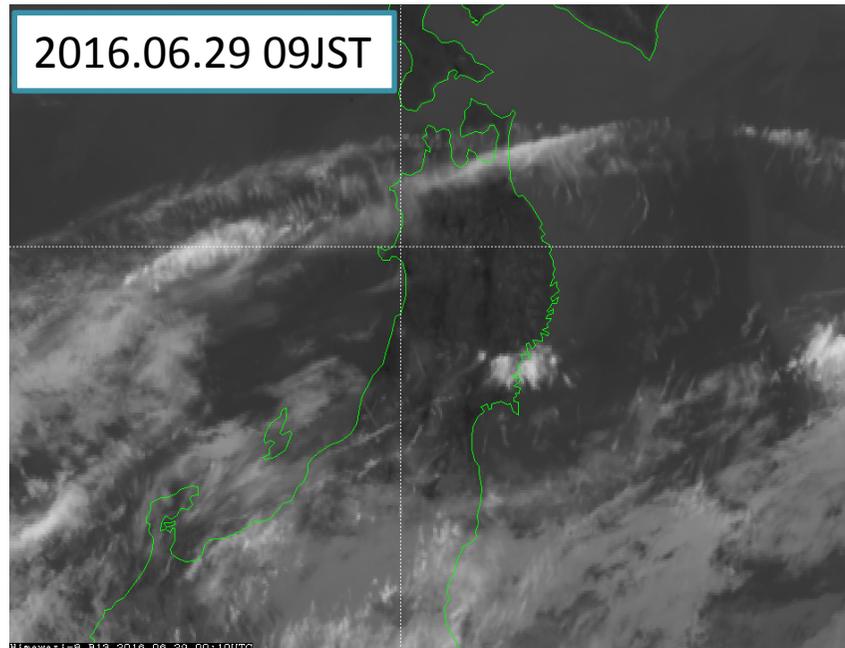
地表面の違い(植生・積雪)

平野部では、冬(1月)から夏(7月)へ緑の領域が広がった。
山地では、冬(1月)には、シアン色の積雪域が広がっている。

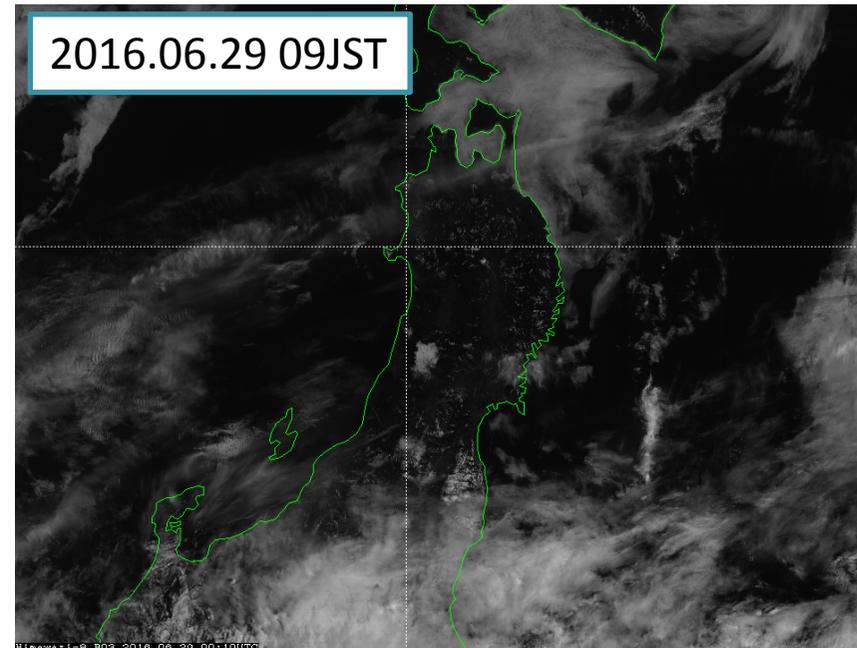
下層雲の見え方



赤外 (B13) 画像

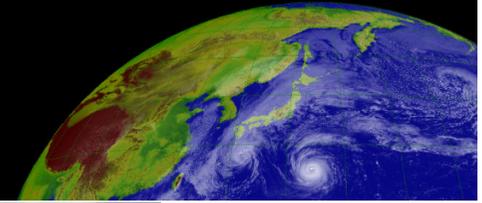


可視 (B03) 画像

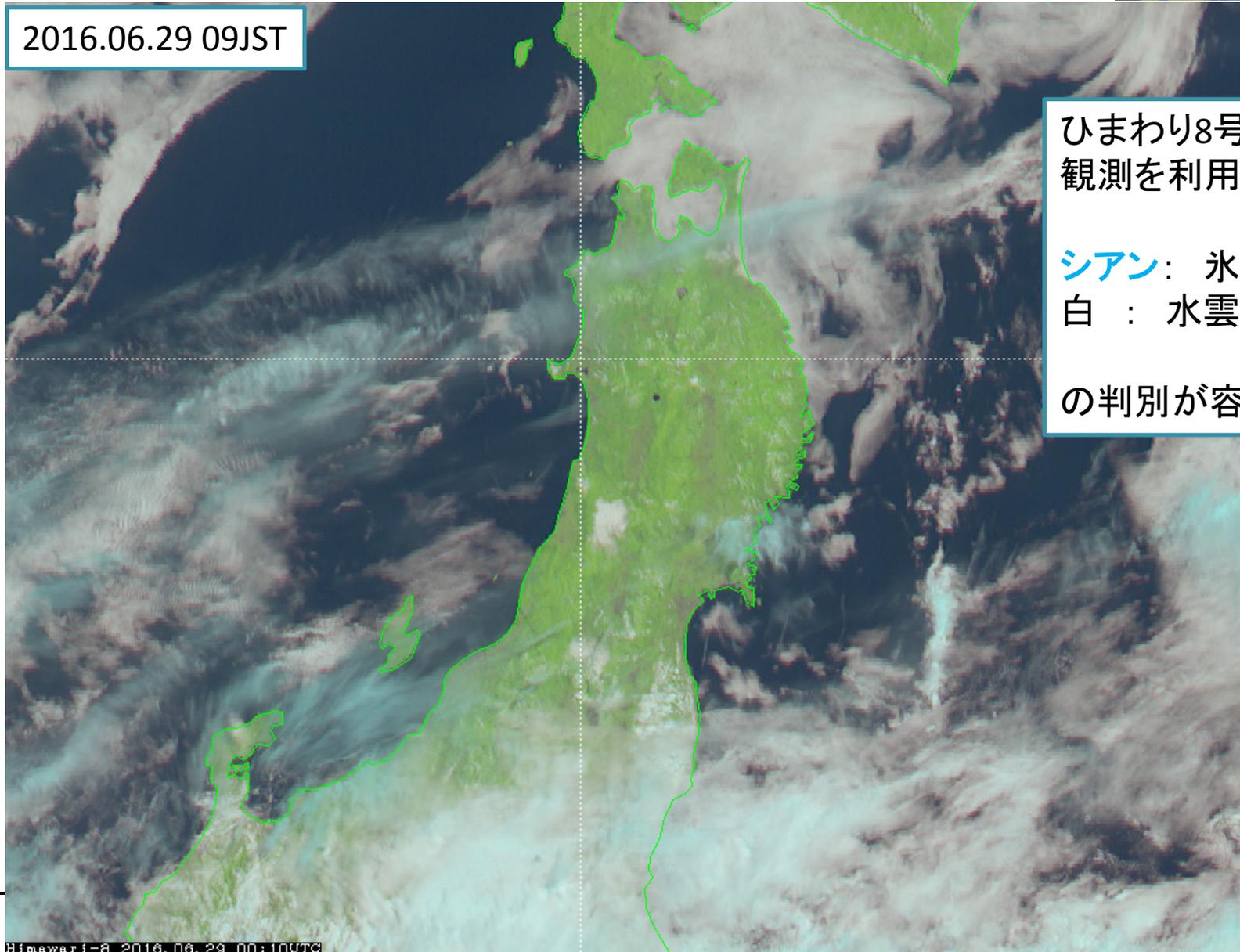


ひまわり7号までの技術でも、
赤外と可視を利用すると、津軽海峡から北海道南東沖の下層雲を判別できる。

日中自然色画像（強調）



2016.06.29 09JST



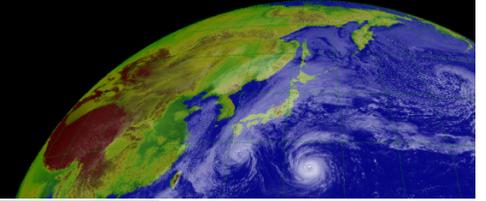
ひまわり8号の多バンド観測を利用すると、

シアン：氷雲（上層雲）

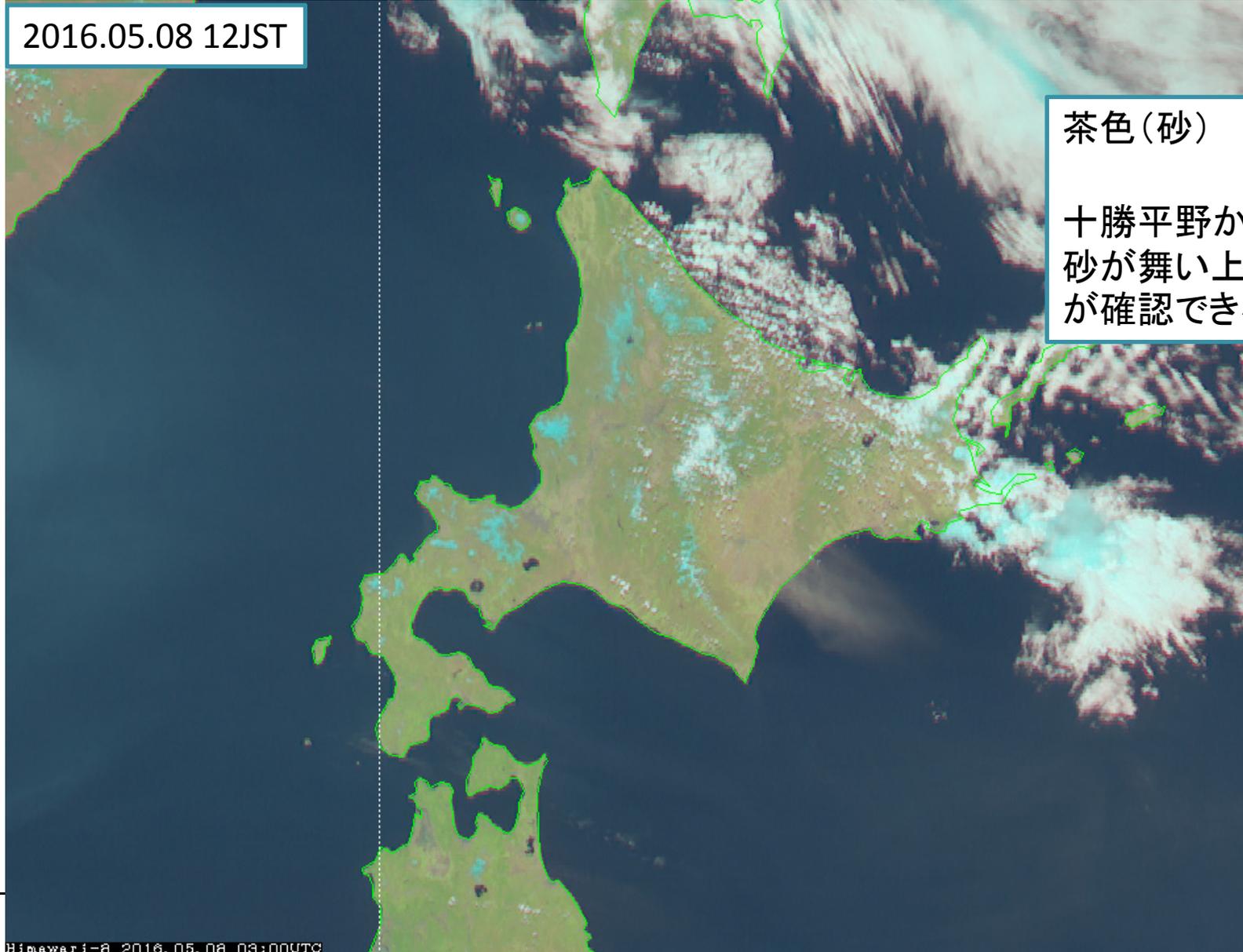
白：水雲（下層雲）

の判別が容易となった。

日中自然色画像（強調）



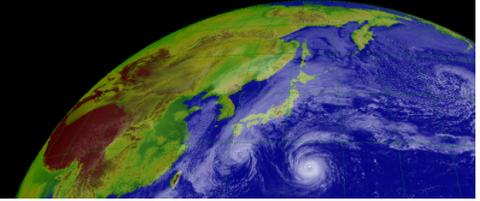
2016.05.08 12JST



茶色(砂)

十勝平野から太平洋へ
砂が舞い上がっているの
が確認できる。

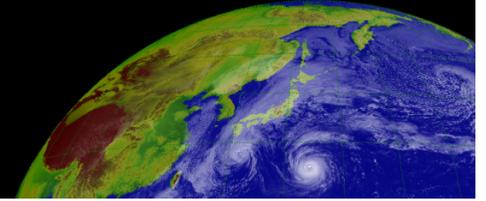
目次



- 衛星が観測するもの
 - 電磁波とは？
- 電磁波の射出・吸収・散乱

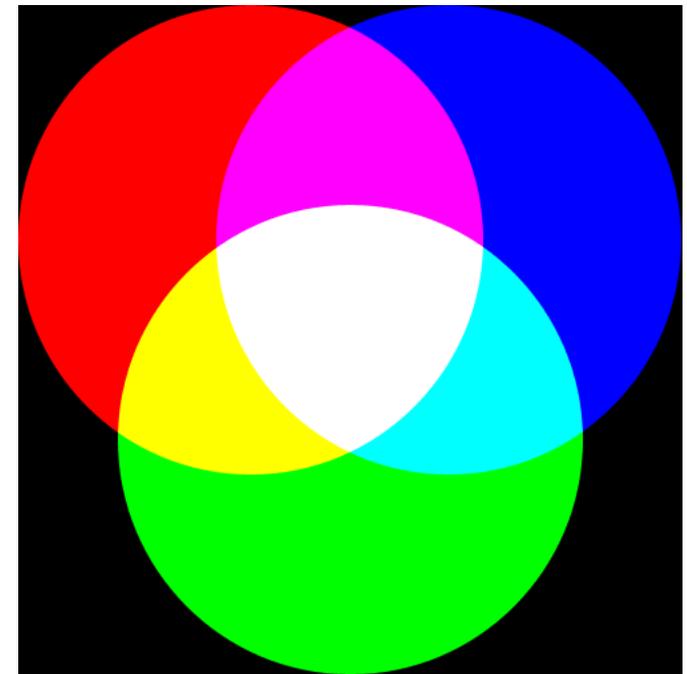
- 衛星画像の見え方
 - ひまわり7号までの画像
 - ひまわり8号からの多バンドの画像
 - RGB合成画像

RGB合成画像の紹介

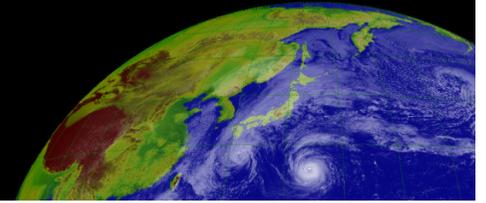


- 複数バンドの情報 を
1枚の画像に取り込む。
- バンド数の増加
⇒1枚ごとの画像確認が困難
- 波長と物質別の特性を利用
(参考となる資料の紹介)

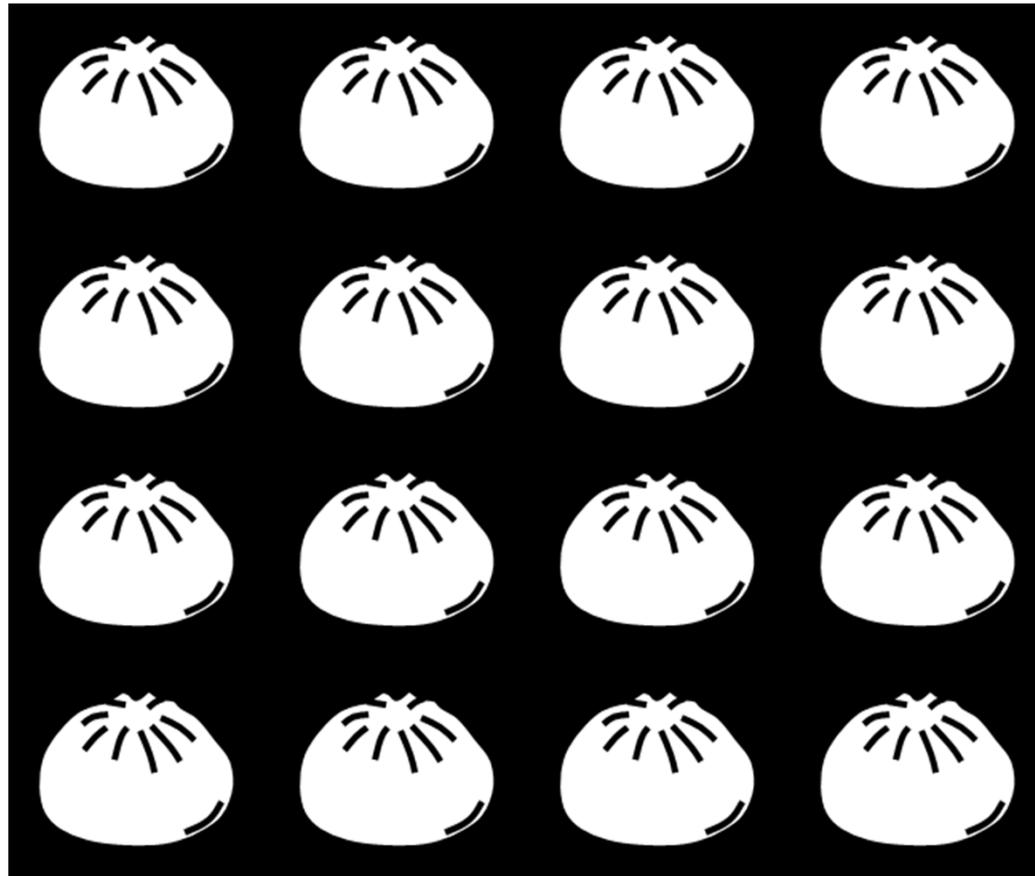
RGBと光の三原色



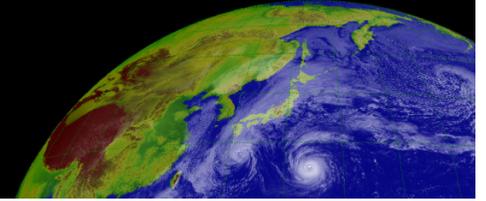
問題



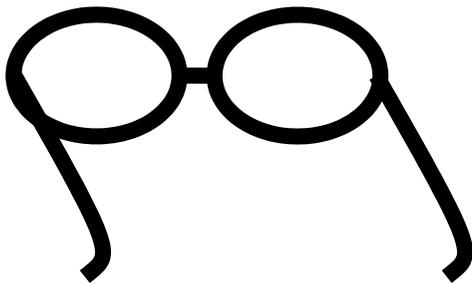
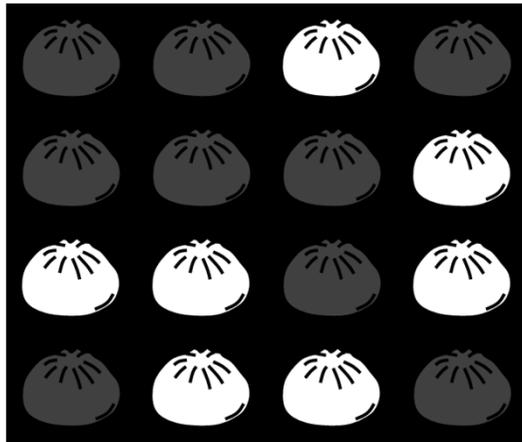
- 「温かく」て、「柔らかい」、「肉まん」を探せ！



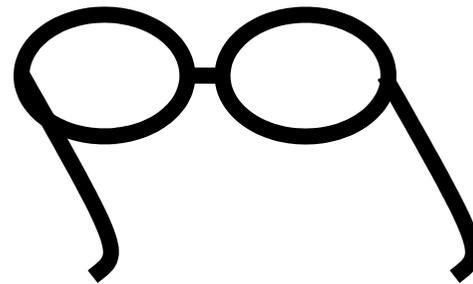
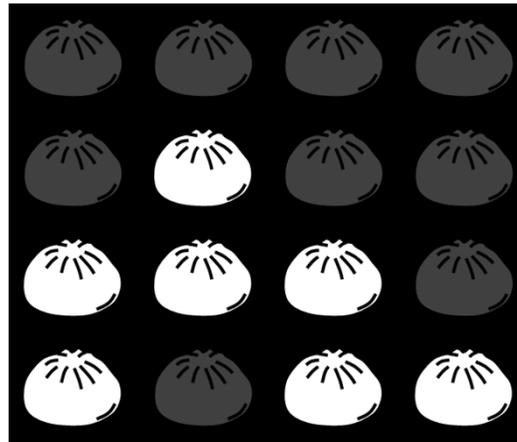
ヒント



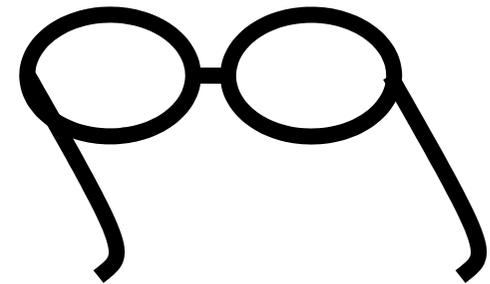
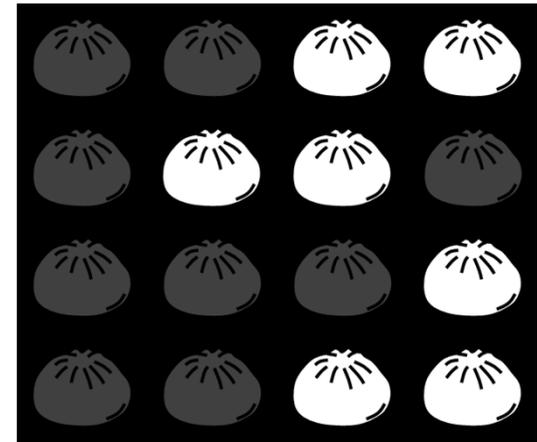
「温かい」かどうか
が判るメガネで見る



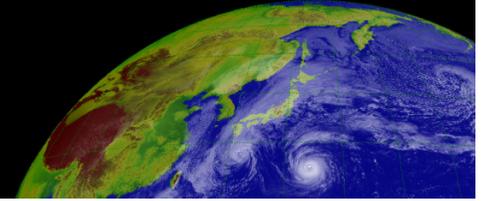
「柔らかい」かどうか
が判るメガネで見る



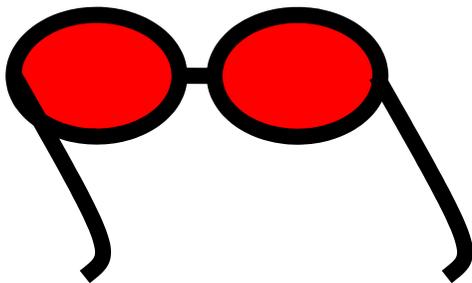
「肉まん」かどうか
が判るメガネで見る



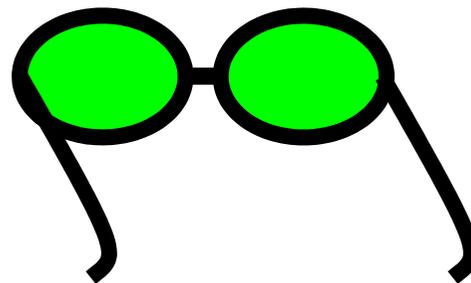
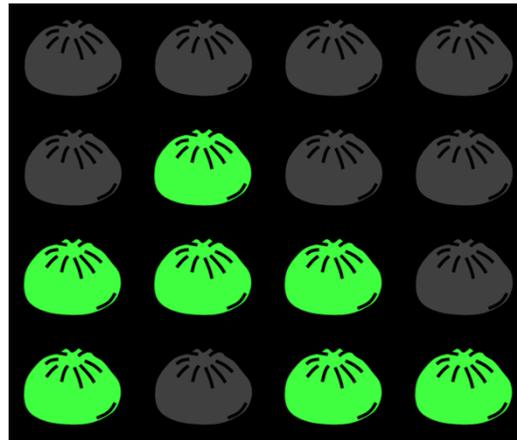
これだけでも探せなくはないが、かなり煩雑。



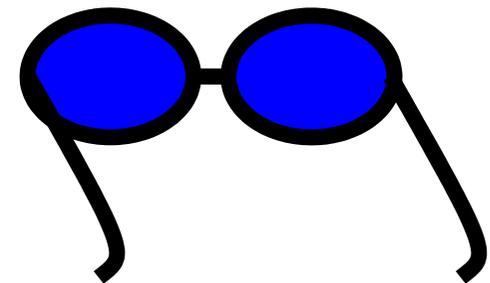
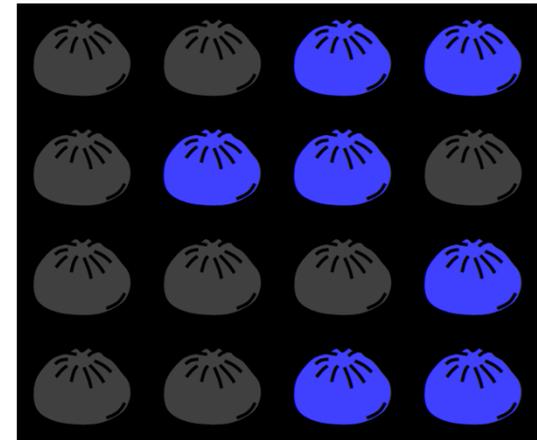
「**温かい**」かどうか
が判るメガネで見る



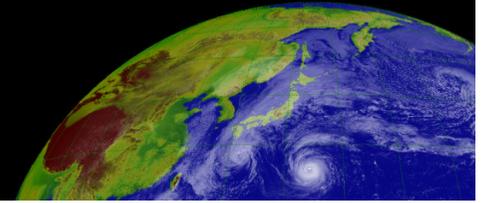
「**柔らかい**」かどうか
が判るメガネで見る



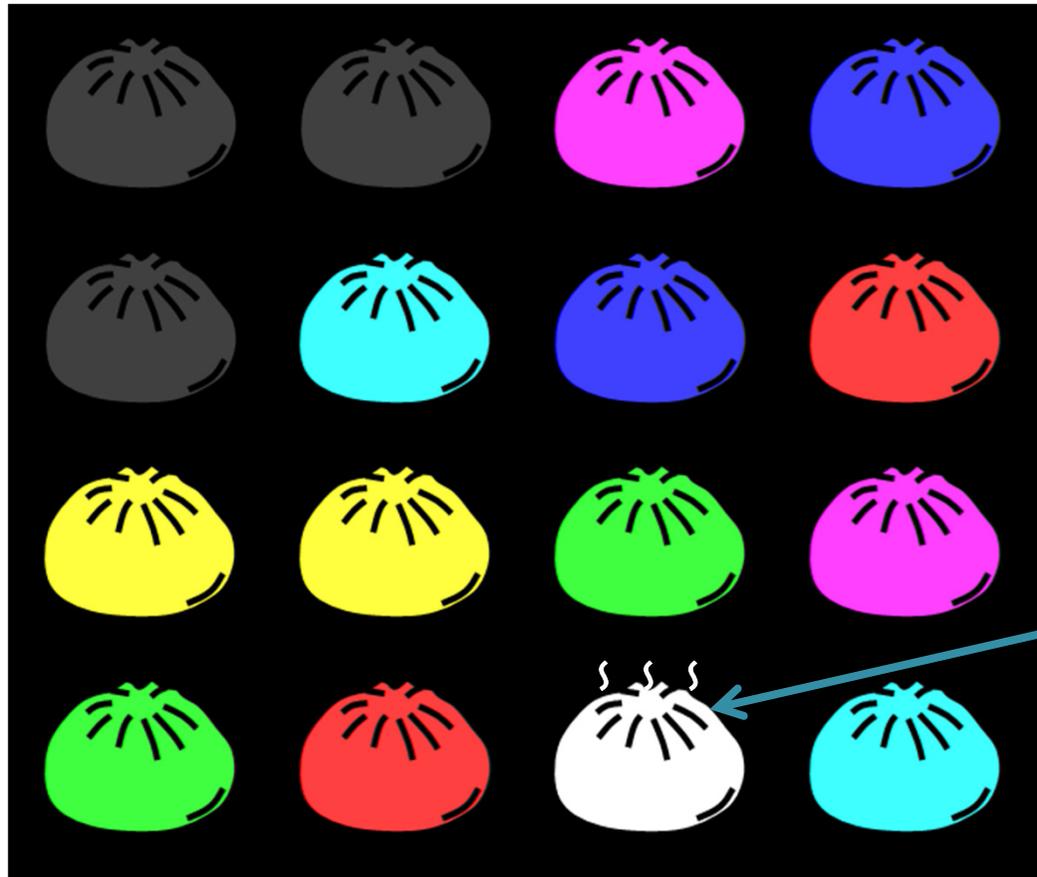
「**肉まん**」かどうか
が判るメガネで見る



各メガネで見た結果に、
赤、緑、青をつける



温かくて 柔らかい 肉まん

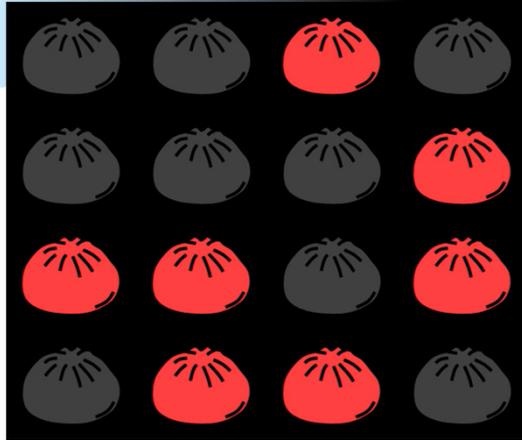


カラー合成！

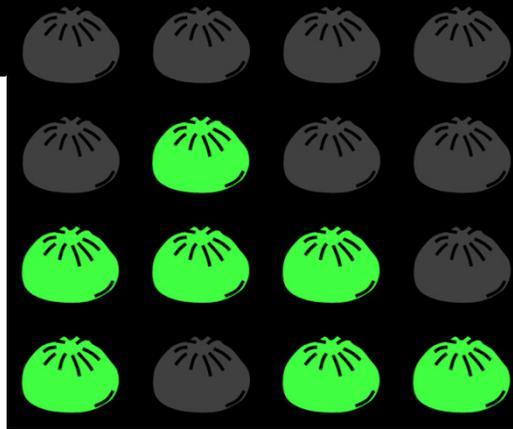
これ！

条件に合致するものを、
ひと目で探し出すこと
ができる。

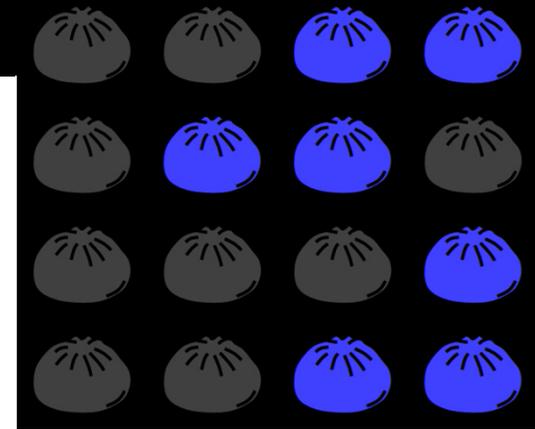
「温かい」かどうか



「柔らかい」かどうか

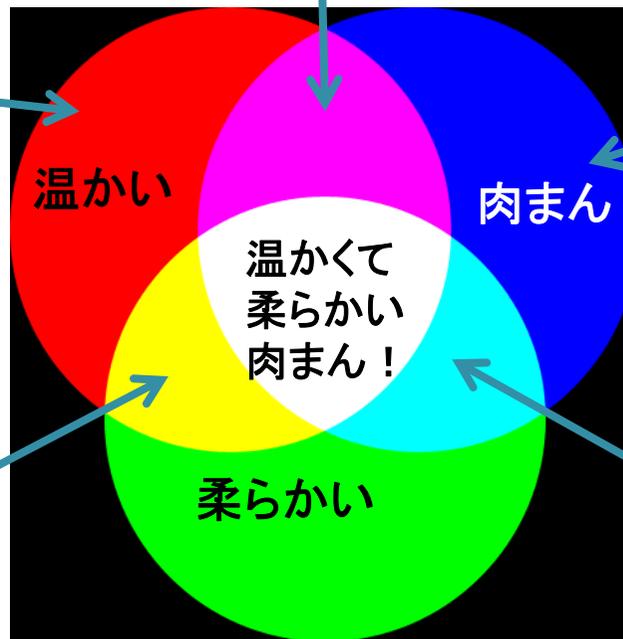


「肉まん」かどうか



温かい肉まんだけど、柔らかくない(硬い)

温かいけど、
柔らかくないし、
肉まんでもない。



肉まんだけど、
温かくないし、
柔らかくない

温かくて
柔らかいけど
肉まんじゃない
(あんまん?)

柔らかい
肉まんだけど、
温かくない(冷たい)

画像作成には、バンド毎の特性を利用する

水と氷の吸収・散乱の比較

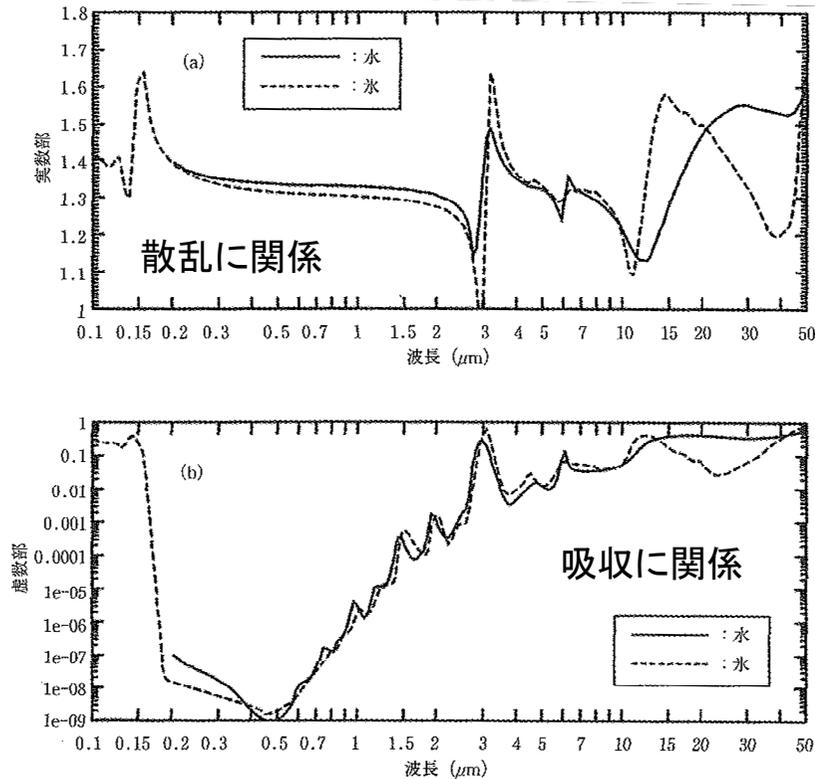


図 B.2 水 (実線) と氷 (破線) の複素屈折率の波長分布 (Petty, 2004, Fig. 4.1)
(a) 実数部の値, (b) 虚数部の値.

可視と近赤外の反射の比較

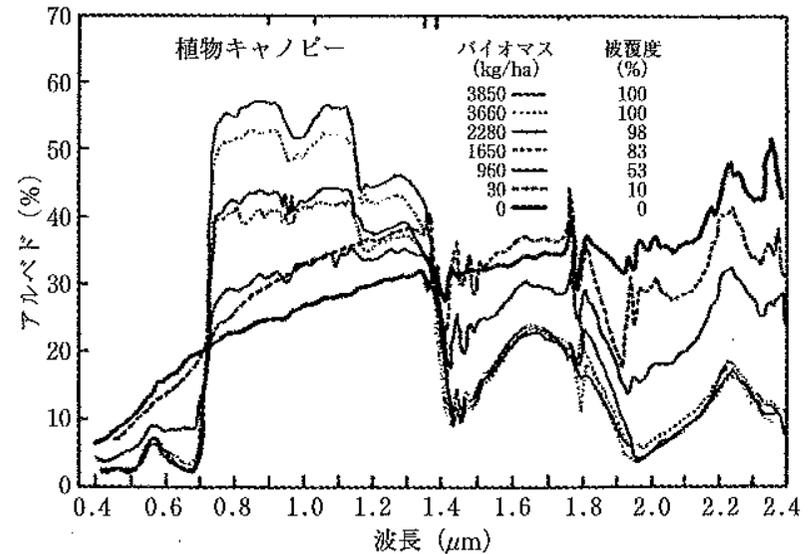
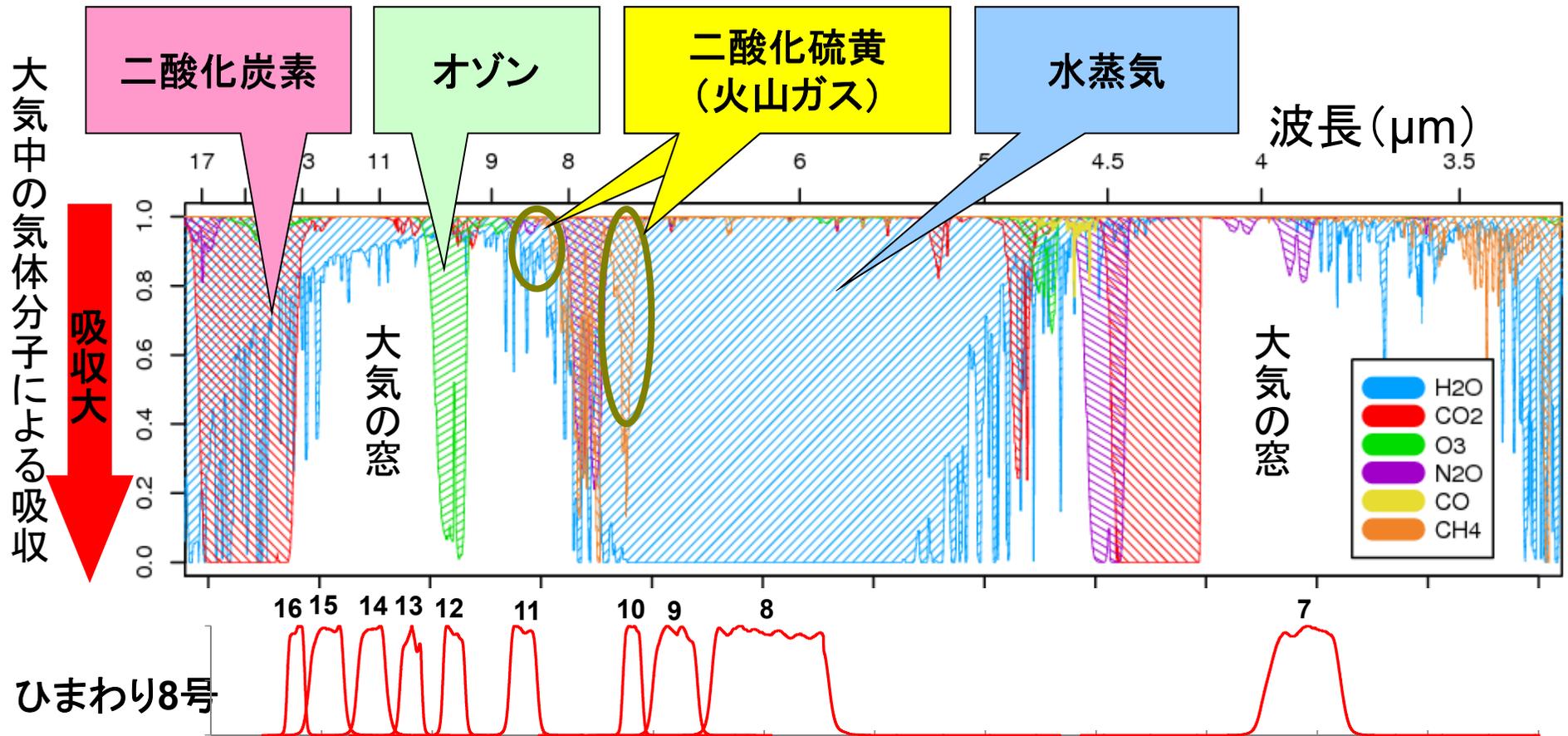
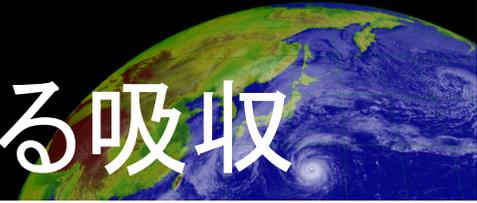


図 2.14 植物キャノピーの分光アルベド (Short, 1982, Fig. 6-23)
アルファルファ (紫うまごやし) の成長に伴う面積あたりのバイオマスと被覆率の変化に対する牧草に覆われた土壌面の分光反射率の応答。被覆率ゼロの太実線は裸地土壌に対応。

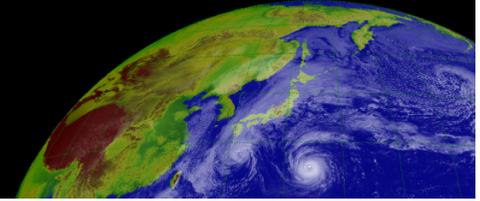
(浅野正二, 2010: 大気放射学の基礎より)



赤外バンド帯の気体による吸収



衛星画像のテキスト



- 予報技術研修テキスト

<http://www.jma.go.jp/jma/kishou/books/yohkens/yohkens.html>

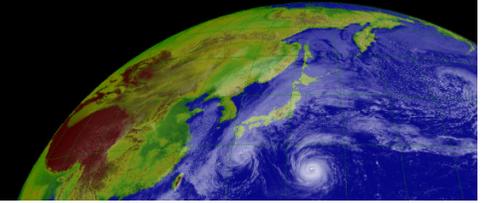
- 平成27年度 RGB合成画像の基礎
- 平成28年度 今年も掲載予定

- 気象衛星画像の解析と利用

<http://www.data.jma.go.jp/mscweb/ja/product/library/book/index.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
-

まとめ



- 衛星が観測するもの
 - 電磁波
 - 黒体は、波長と温度で、放射の強さが決まる。
(放射輝度:ラディアンズ)
 - 波長、観測対象によって、放射・吸収・散乱に特徴
 - ⇒ 観測対象の状態を推定可能
 - RGB合成画像
 - ⇒ 利用・活用方法を研修テキストで紹介予定