

第3章 ひまわり 8号による総観スケール現象の把握

3.1 はじめに*

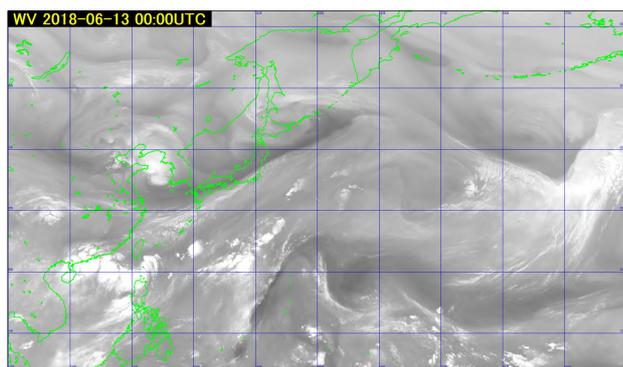
これまでの予報技術研修テキストの「ひまわり」シリーズでは、ひまわり 8号による多バンドで高分解能（時間・空間）な観測の利点を生かすテーマとして、「ひまわり 8号 RGB 合成画像の基礎」（平成 27 年度）、「ひまわり 8号の画像を用いた霧の監視」（平成 28 年度）、「ひまわり 8号による積乱雲の監視」（平成 29 年度）を解説してきた。今年度の予報技術研修テキストは、広範囲の領域を定常的に観測できる静止気象衛星の利点と、Airmass RGB 合成画像などのカラー画像の利便性を活かし、衛星画像による大気の大規模現象の把握をテーマに解説する。3.2 節では、総観スケール現象の把握に用いる各種の衛星画像を紹介する。3.3 節では、総観スケール現象の把握に便利な Airmass RGB 合成画像の利用を、従来から利用してきた水蒸気画像とも比較しながら解説する。最後の 3.4 節では、ひまわり 8号の各種衛星画像を用いて、大雨や突風、大雪について解析した事例を紹介する。

3.2 総観スケール現象の把握に用いる各種衛星画像*

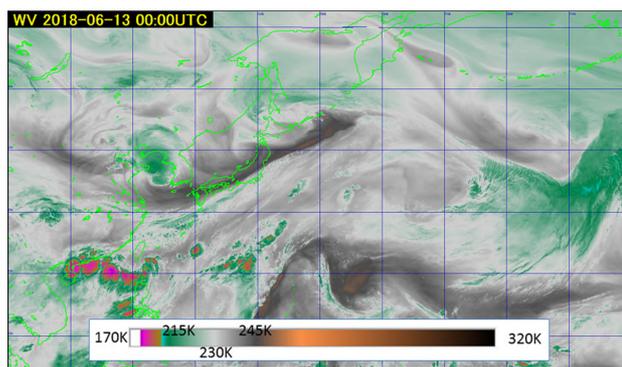
ここでは、総観スケール現象の把握において重要となる水蒸気画像（バンド 08（B08）～バンド 10（B10））と Airmass RGB 合成画像の特徴を解説する。また、RGB 合成画像とは作成方法が異なるが True color 再現画像についても有益な事例を紹介する。

可視画像（B03）や赤外画像（B13）は、観測画像の中では基本的な画像であり、総観スケール現象の把握においても、まずは確認すべき画像である。また、総観スケール現象の把握に利用できる RGB 合成画像として、Natural color RGB 合成画像や Day microphysics RGB 合成画像、Night microphysics RGB 合成画像もあげられるが、これらの画像については平成 27 年度から 29 年度の予報技術研修テキストにおいて解説しているためそちらを参照されたい。

水蒸気画像（B08～B10）



第 3.2.1 図 水蒸気画像（B08）
（2018 年 6 月 13 日 9 時）

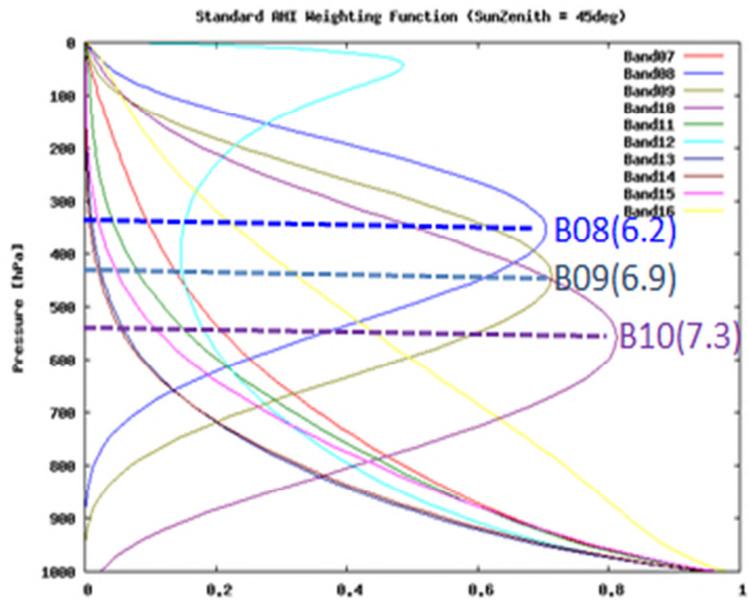


第 3.2.2 図 カラースケール表示の水蒸気画像（B08）
（2018 年 6 月 13 日 9 時）

第 3.2.1 図には、水蒸気画像として従来からよく利用されている B08 の水蒸気画像を示した。また第 3.2.2 図には、水蒸気画像（B08）の輝度温度帯に注目してカラー表示した画像を示した。水蒸気画像（B08～B10）は、赤外線観測波長を水蒸気の吸収帯に設定して観測している。このため、大気中の水蒸気の多

*寺坂 義幸（気象衛星センターデータ処理部解析課）

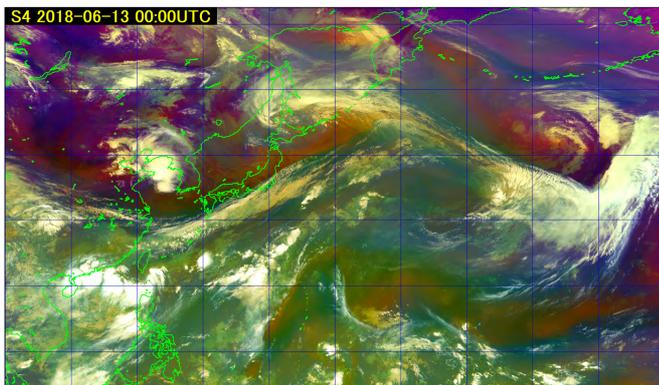
寡や水蒸気をトレーサーとして利用し、大気の流れを可視化して観測することができる。特に、第 3.2.2 図のカラースケール表示の水蒸気画像は、特定の輝度温度帯に着色しているため、上・中層の大気の流れやトラフ、リッジ、渦などがわかりやすい。また水蒸気画像は、バンドにより観測される大気の高度が異なり、中緯度の標準大気では、B08 は概ね 350hPa 付近、B09 は、概ね 450hPa 付近、B10 は概ね 550hPa 付近の高度に感度の中心を持つ（第 3.2.3 図参照）。ただし、季節や大気中の水蒸気量に依存して変化する。これら 3 種類の水蒸気画像（B08～B10）をうまく組み合わせることで、上・中層大気における水蒸気のおおよその高度分布を把握することが可能となる。水蒸気画像では、上・中層の大気の流れやトラフ、リッジ、上層渦などがわかるため、総観スケールの気象の場や現象を把握するためには欠かせない画像である。



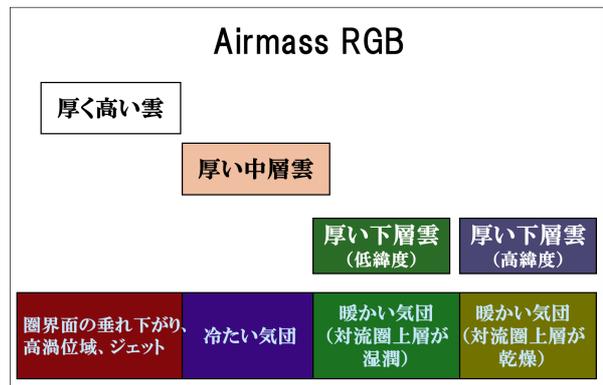
第 3.2.3 図 ひまわり 8 号 各赤外バンドの荷重関数
(中緯度標準大気で計算)

Airmass RGB 合成画像

第 3.2.4 図には Airmass RGB 合成画像を示した。また、第 3.2.5 図にはこの RGB 画像の色解釈を示した。この画像は、赤色に B08 と B10 の差分画像、緑色に B12 と B13 の差分画像、青色に B08 の画像を割り当て作成している。この画像では Ci ストリークやトランスバースラインなどの上層雲や積乱雲などの厚い雲域は白色に表示される。また暖かい気団や冷たい気団、圏界面の垂れ下がり、高渦位域、ジェットなどの状況も雲域と同時にわかるため、総観スケールの気象の場や現象が理解しやすい（3.3 節参照）。

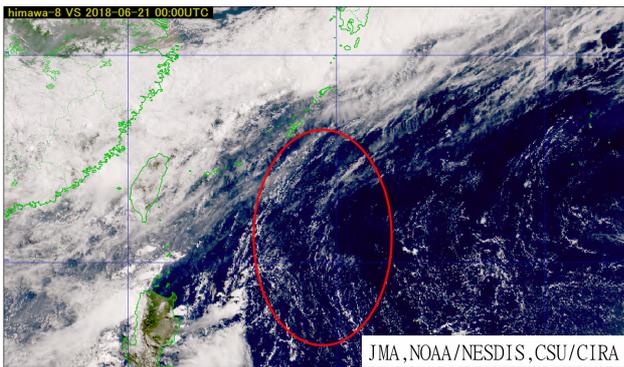


第 3.2.4 図 Airmass RGB 合成画像
(2018 年 6 月 13 日 9 時)

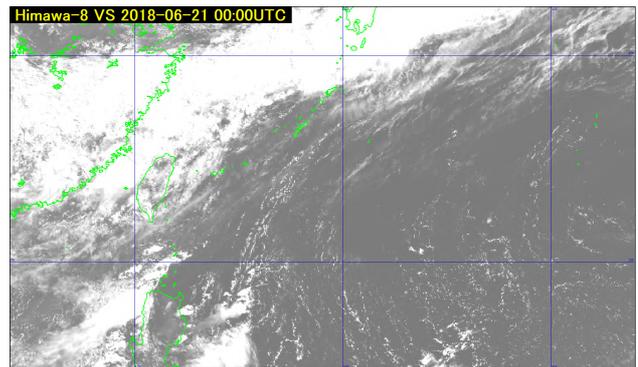


第 3.2.5 図 Airmass RGB 合成画像の色解釈

True color 再現画像



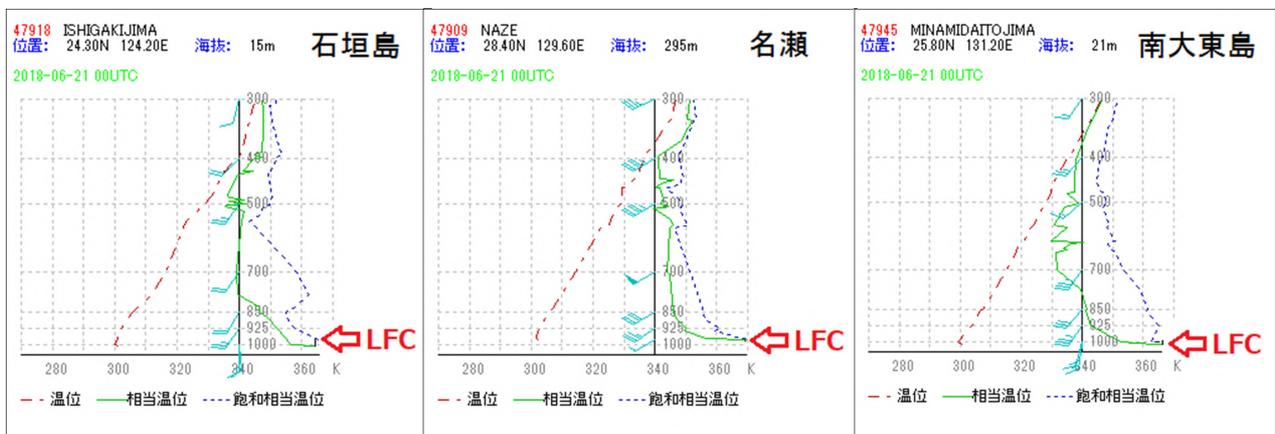
第 3.2.6 図 True color 再現画像
(2018 年 6 月 21 日 9 時)



第 3.2.7 図 表示階調を明るくした可視画像 (B03)
(2018 年 6 月 21 日 9 時)

第 3.2.6 図には、True color 再現画像を示した。True color 再現画像は、3 種類の可視画像 (B01～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ともに、色調や階調を補正して作成したカラー画像である。なお、この画像は人が肉眼で見た場合と色調が同等になるように調整されている。この画像は、下層雲が強調されて表示されるため、積雲や霧・下層雲などの大気下層の雲域や現象がよくわかる。また、砂塵や火山灰といった「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やすい。

この True color 再現画像を利用した総観スケールの気象現象把握の一例として、南西諸島の下層に湿潤な空気が入っていた事例 (2016 年 6 月 21 日 9 時) を紹介する。第 3.2.7 図には、第 3.2.6 図と同時刻の可視画像 (B03) の表示階調を明るくして示した。どちらの画像でもフィリピンの東海上から南西諸島の東海上にかけて線上に伸びた積雲列が多くみられる。特に第 3.2.6 図の True color 再現画像では、積雲列が明瞭にわかる (赤丸付近)。この線上に伸びた積雲列は、太平洋高気圧の縁辺をまわる下層に湿潤な空気が入っていることを示唆している。第 3.2.8 図には、このときの高層観測の温位エマグラムを示した。温位エマグラムから計算した自由対流高度 (LFC) はごく下層の高さとなっていて、地表面付近の湿った空気が何らかの要因でこの自由対流高度を越えれば、外力なしに対流圏上部まで持ち上がる可能性を示している。ただ、実際の観測では上・中層の大気が乾いていたため、積雲列が発生する程度となっていた。観測点の少ない洋上での下層の暖湿流の把握には便利な画像である。

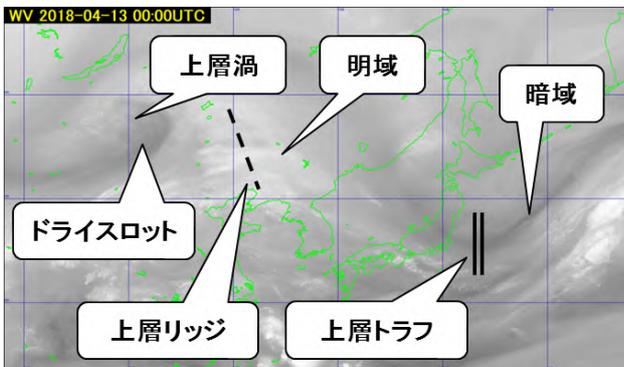


第 3.2.8 図 温位エマグラム (2018 年 6 月 21 日 9 時)

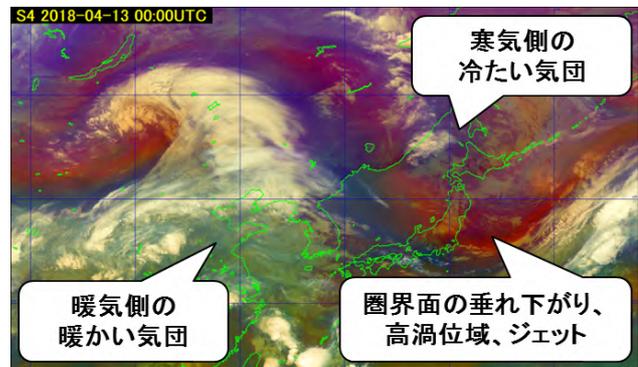
3. 3 衛星画像による総観スケールの気象の場や現象の把握*

ここでは、従来から利用されてきた水蒸気画像と比較しながら、ひまわり 8 号の Airmass RGB 合成画像の利用を中心に、総観スケールの気象の場や現象の把握について解説する。

3. 3. 1 明域、暗域、暗化域、ドライスロット、上層渦などの把握



第 3.3.1 図 水蒸気画像 (B08)
(2018 年 4 月 13 日 9 時)



第 3.3.2 図 Airmass RGB 合成画像
(2018 年 4 月 13 日 9 時)

第 3.3.1 図には、2018 年 4 月 13 日 9 時のひまわり 8 号の水蒸気画像 (B08) を示す。この水蒸気画像で見られる「明域」は輝度温度の低い領域を表しており、大気の上・中層に水蒸気が多いか、上・中層に雲頂を持つ背の高い雲域があることを示す。一方、「暗域」は、輝度温度の高い領域を表し、上・中層大気の水蒸気が少ないことを示している。また、「暗域」が時間とともに暗さを増すことを「暗化」と呼び、その「暗化域」は、大気の沈降場との対応がみられ、上層トラフの深まりや高気圧の強まりを示している。

ところで、発達中の低気圧の中心に向かって、寒気側から入り込む乾燥気塊の流入を「ドライスロット」と呼ぶ。第 3.3.1 図の事例では、「ドライスロット」を示す「暗域」が低気圧の中心付近まで達している。

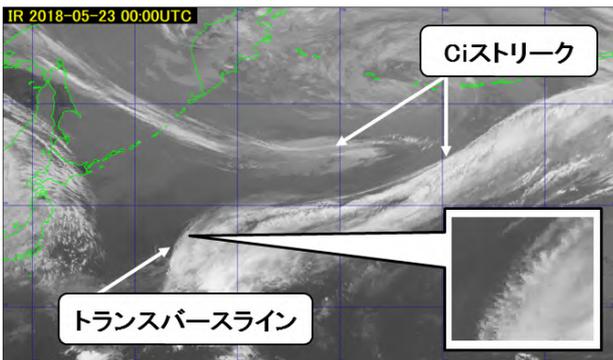
第 3.3.2 図には、第 3.3.1 図と同時刻の Airmass RGB 合成画像を示した。Airmass RGB 合成画像では、雲頂が高く厚い雲域は白色に表示される。また、暖かい気団、冷たい気団、圏界面の垂れ下がり、高渦位域、ジェットなどの状況もわかる (第 3.2.5 図の色解釈参照)。水蒸気画像 (B08) と Airmass RGB 合成画像を比較すると、「明域」は上層のリッジに発生した雲域や上層の湿りに対応する。一方、「暗域」が時間とともに暗さを増す「暗化域」は、Airmass RGB 合成画像では赤茶色の領域 (圏界面の垂れ下がり、高渦位域、ジェット) となっていて、上層のジェットとも関連している。なお、赤茶色領域の南に凸となる部分の最南端が上層のトラフに対応している。

第 3.3.1 図の水蒸気画像 (B08) では、中国大陸の「上層渦」の中心付近に「暗域」として表示された「ドライスロット」の流入がみられる。Airmass RGB 合成画像では、低気圧の中心を取り巻く赤茶色の領域として示されている。また、低気圧に伴う雲域は白色で表示されており、「上層渦」のほぼ直下に低気圧の中心があることがわかる。なお、可視・赤外画像、水蒸気画像や Airmass RGB 合成画像などの動画を利用すれば、低気圧に伴う雲域の状況や低気圧の中心付近へと流入する「ドライスロット」の動きを詳細に把握することができる。

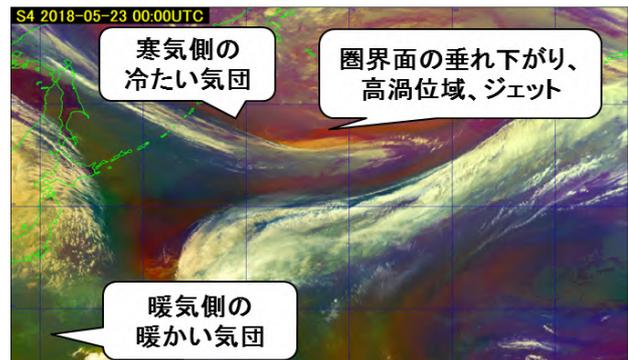
Airmass RGB 合成画像では、総観スケールの気象の場の状況とそれに伴う雲域の状況が同時にわかるため、両者の関係が総合的に把握できる。

*寺坂 義幸 (気象衛星センターデータ処理部解析課)

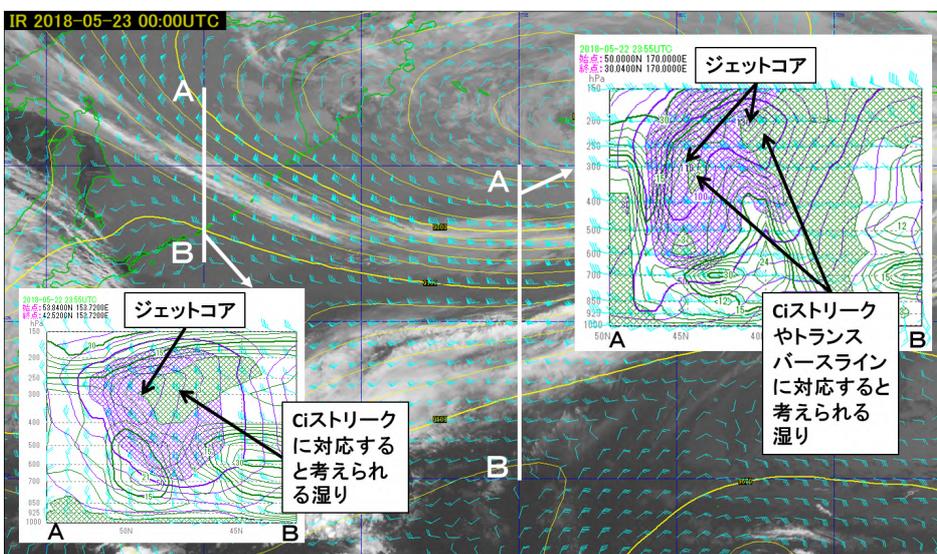
3. 3. 2 上層ジェットを示唆する雲域 (Ci ストリーク、トランスバースライン)



第 3. 3. 3 図 赤外画像 (B13)
(2018 年 5 月 23 日 9 時)



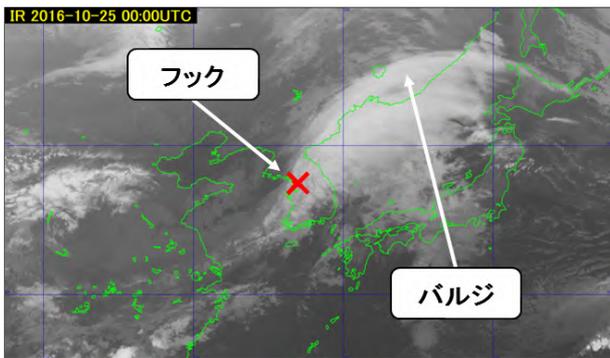
第 3. 3. 4 図 Airmass RGB 合成画像
(2018 年 5 月 23 日 9 時)



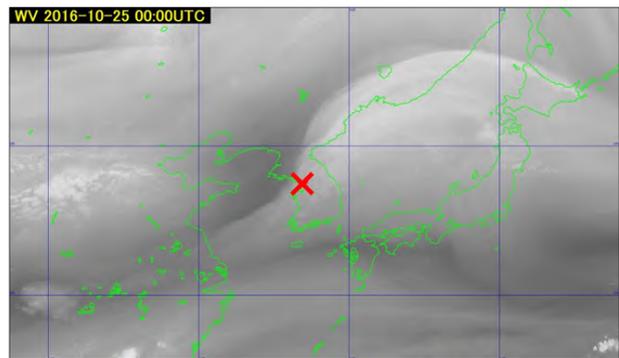
第 3. 3. 5 図 赤外画像
(B13) と数値予報
GPV300hPa 面及び断面図
(GSM モデル)
(2018 年 5 月 23 日 9 時)

第 3. 3. 3 図には、「Ci ストリーク」や「トランスバースライン」が顕著にみられた時の赤外画像 (B13) を示した。細長く筋状に伸びる上層雲を「Ci ストリーク」と呼び、上層ジェットを示唆する雲域として以前から着目されてきた。また、ジェットの流れの方向に直角な走向を持つ小さな波状の雲列を持つ「Ci ストリーク」を、特に「トランスバースライン」(第 3. 3. 3 図の拡大図参照)と呼び、上層ジェットの場所を特定する上では着目すべき重要な雲域である。第 3. 3. 4 図には、同時刻の Airmass RGB 合成画像を示した。Airmass RGB 合成画像では、雲頂が高く厚い雲域は白く表現される。また、暖気側の暖かい気団は緑色、寒気側の冷たい気団は紫色で表示され、一般に上層のジェットは、気団と気団の境界で西から東へと吹く。第 3. 3. 4 図の Airmass RGB 合成画像でも、前述の上層のジェットを示唆する「Ci ストリーク」や「トランスバースライン」が気団と気団の境界に発生していることが確認できる。ところで第 3. 3. 5 図には、第 3. 3. 3 図及び第 3. 3. 4 図と同時刻の赤外画像 (B13) と数値予報 GPV (2018 年 5 月 23 日 9 時初期値の GSM モデル) 300hPa 面の高度と風を重ねて示した。また白い直線に沿って数値予報データを南北に切った鉛直断面図 (左が北、右が南を示す) もあわせて示した。断面図中の紫色の線は等風速線を示しており、60kt 以上の風速にハッチを施している。ハッチの中心付近には最大風速を持つジェットコアが解析できる。また緑色のハッチは、湿数 (T-TD) 3°C以下の湿った領域を示した。断面図を見ると「Ci ストリーク」や「トランスバースライン」に対応すると考えられる湿った領域がみられる。

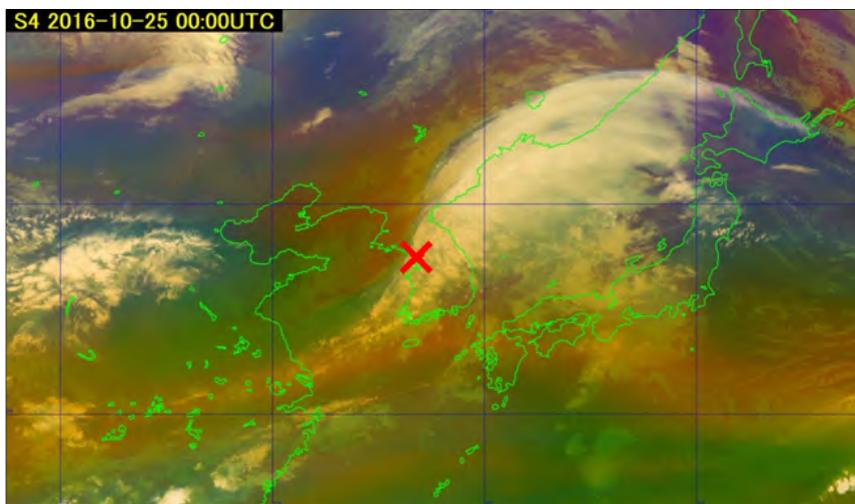
3. 3. 3 気象じょう乱を示唆する雲域 (バルジ、フックパターン)



第 3.3.6 図 赤外画像 (B13)
(2016 年 10 月 25 日 9 時)

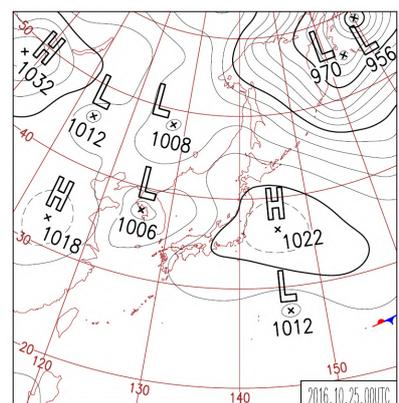


第 3.3.7 図 水蒸気画像 (B08)
(2016 年 10 月 25 日 9 時)



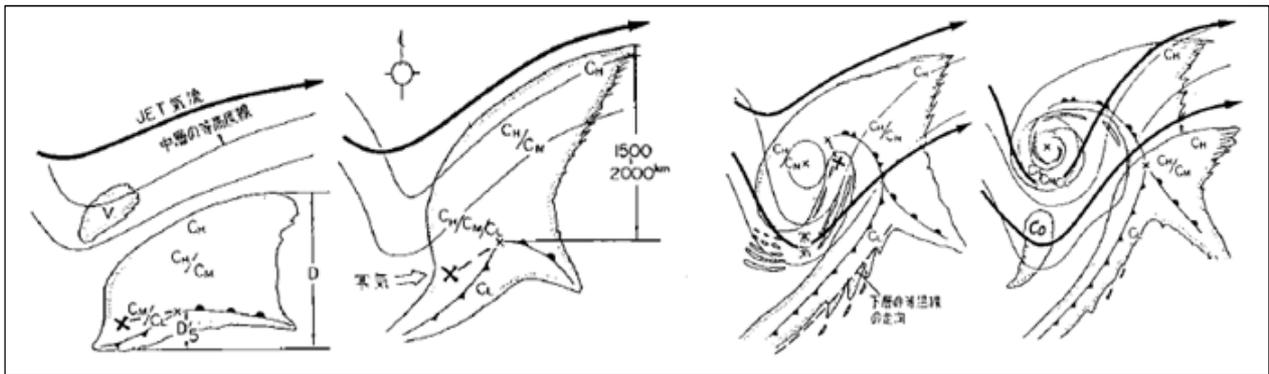
第 3.3.8 図 Airmass RGB 合成画像
(2016 年 10 月 25 日 9 時)

衛星画像の雲解析では、低気圧や前線波動の発達により、下層からの暖湿な気流が上昇して雲域が寒気側（極側）に凸状となって膨らむ現象を「バルジ」と呼んでいる。このバルジは、低気圧や前線波動が発達していることを示しており、重要な着目点となる。第 3.3.6 図には 2016 年 10 月 25 日 9 時の赤外画像 (B13) を、また第 3.3.7 図にはこのときの水蒸気画像 (B08) を示した。さらに第 3.3.8 図には、同時刻の Airmass RGB 合成画像を示した。各画像では、沿海州付近に北側に膨らんだバルジが明瞭にみられる。このバルジは、朝鮮半島南部や東シナ海から低気圧に向かって吹き込んだ下層の暖湿な空気が、徐々に上昇しながら寒気側に膨らみ、雲域を発生させていると考えられる。北西側雲域の曲率の変曲点（赤い×印）は「フック」と呼ばれ、地上低気圧の中心位置と密接な関係があることが知られている（岡林, 1982）。なお、第 3.3.9 図にはこのときの地上天気図を示した。朝鮮半島西岸には衛星画像のフックに対応する地上の低気圧が解析されている。



第 3.3.9 図 地上天気図
(2016 年 10 月 25 日 9 時)

3. 3. 4 低気圧や前線の雲域

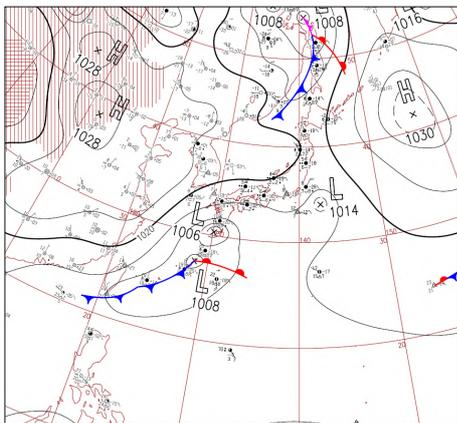


第 3.3.10 図 低気圧の発生期から衰弱期まで（通常型）（岡林（1982）の低気圧モデル）

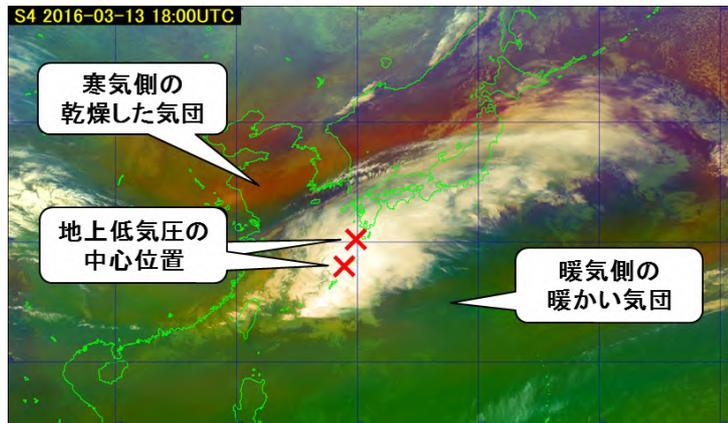
第 3.3.10 図には、上層トラフの接近や深まりにより下層の前線波動が低気圧として発達し、衰弱するまでの経過を示した岡林（1982）の低気圧発達の雲モデル図を示した。モデル図は、左から発生期、発達期、最盛期、閉塞期の 4 つの段階を示しており、×印は地上低気圧の中心位置、×—×は低気圧の中心位置がこの範囲に入ること示している。このモデル図には、衛星画像から見た各段階での雲域の特徴が記載されており、発生期から衰弱期までの低気圧や前線の位置とそのときの雲域の形状が示されている。

以下には、発生期から発達期、最盛期、衰弱期へと移行した典型的な低気圧の例として、南西諸島近海で発生し、日本の南海上を北東進しながら発達して、カムチャッカの南東海上で衰弱期を迎えた 2016 年 3 月 14～16 日にかけての事例を紹介する。ここでは、地上低気圧の中心位置や前線と Airmass RGB 合成画像からわかる雲域の形状や総観スケール場の特徴について示す。

発生期（2016 年 3 月 14 日 3 時）



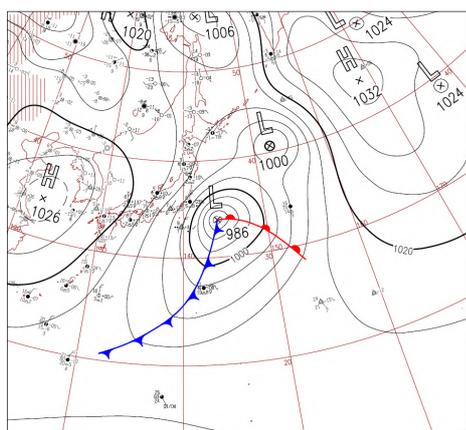
第 3.3.11 図 地上天気図
(2016 年 3 月 14 日 3 時)



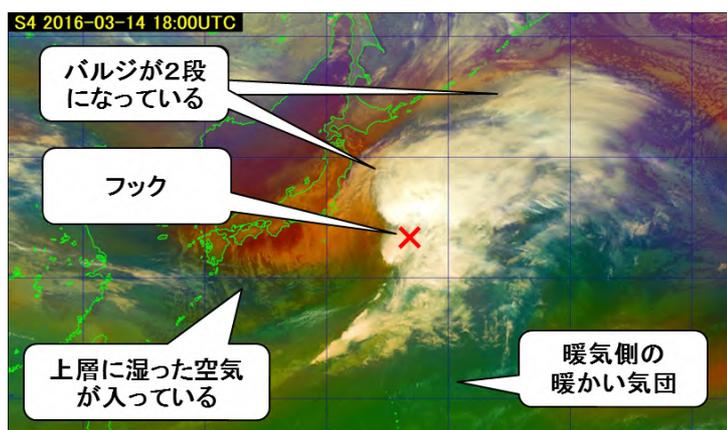
第 3.3.12 図 Airmass RGB 合成画像
(2016 年 3 月 14 日 3 時)

第 3.3.11 図と第 3.3.12 図には、低気圧の発生期である 2016 年 3 月 14 日 3 時の地上天気図と Airmass RGB 合成画像を示した。南西諸島付近には発達中の低気圧があって東北東に進んでいる。Airmass RGB 合成画像を見ると低気圧に対応した雲域（白色）はバルジが顕著となり、低気圧が発達中であることを示している。また、雲域の南側は緑色となっていて、暖気側の湿った暖かい気団が入っている。一方、北側は赤茶色や紫色となっていて、寒気側の乾燥した冷たい気団が入っていることがわかる。

発達期 (2016年3月15日3時)



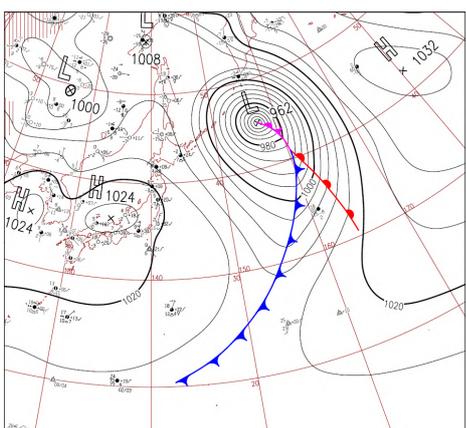
第 3.3.13 図 地上天気図
(2016年3月15日3時)



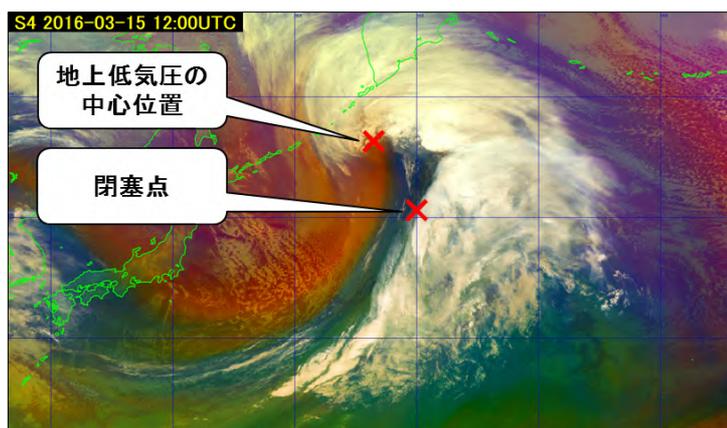
第 3.3.14 図 Airmass RGB 合成画像
(2016年3月15日3時)

第 3.3.13 図と第 3.3.14 図には、低気圧の発達期である 2016 年 3 月 15 日 3 時の地上天気図と Airmass RGB 合成画像を示した。低気圧は、前線を伴いさらに発達している。Airmass RGB 合成画像を見ると低気圧に伴う雲域（白色）はさらに拡大し、北側に伸びるバルジもみられる。また、北海道の東海上にある別の低気圧のバルジも加わって 2 段となっている。ところで、関東南東海上の低気圧に伴う白い雲域の西側は東に凸となる曲率を持つ形状となっていて、雲域西側の変曲点付近には低気圧の中心を示唆するフックが解析できる。さらに、フック付近から雲域の西端に沿うように寒冷前線に対応する雲域がみられる。温暖前線は、フック付近から低気圧前面の暖湿流（緑色）の先端付近にかけてのびていると考えられる。なおこの事例では、寒冷前線の後面（西側）が青緑色となっているが、これは寒冷前線後面の上層に湿った空気が入っているものと考えられる。

最盛期 (2016年3月15日21時)



第 3.3.15 図 地上天気図
(2016年3月15日21時)

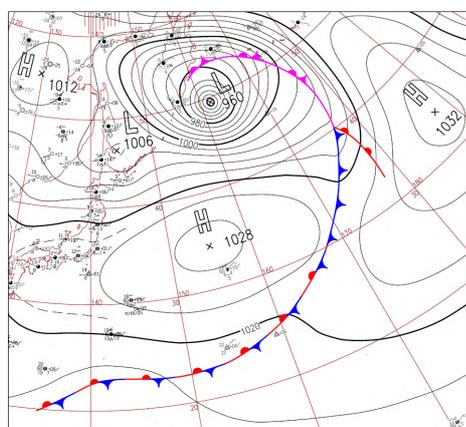


第 3.3.16 図 Airmass RGB 合成画像
(2016年3月15日21時)

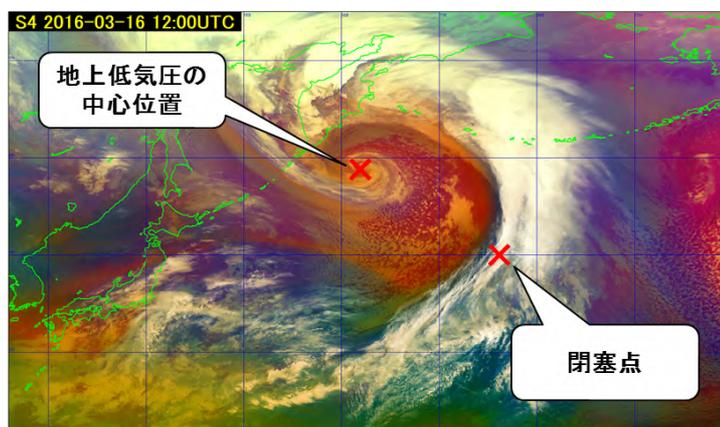
第 3.3.15 図と第 3.3.16 図には、低気圧の最盛期である 2016 年 3 月 15 日 21 時の地上天気図と Airmass RGB 合成画像を示した。地上天気図を見ると、低気圧の中心は千島列島の南東海上にあり、中心から閉塞前線が南南東にのびて閉塞点となり、ここから温暖前線が南南東方向にのびている。一方、寒冷前線は閉塞点から南西方向にのびている。Airmass RGB 合成画像では、低気圧の中心付近を取り巻く雲域（白色）のバル

ジと、低気圧中心の南東にある閉塞点上空を通るバルジが明瞭にわかる。閉塞前線は、低気圧中心を取り巻く白い雲域の内側に沿って対応していることがわかる。また、閉塞点は低気圧中心の南東にあるバルジの付け根付近に考えられ、ここから寒冷前線に対応する白い雲域が南西方向にのびていることがわかる。温暖前線は、閉塞点から閉塞点の南東側にある暖湿流（緑色）の先端に沿ってのびていると考えられるが、厚い雲域（白色）の下では暖湿流（緑色）の先端は確認できないため、南東側の厚い雲域（白色）の先端部分にみられる暖気側気団（緑色）の先端に向かってのびていると推定できる。Airmass RGB 合成画像の動画では、緑色領域の中にみえる下層雲（やや明るい緑色）の動きを見ることにより、下層の暖湿流の様子が確認できる。ただし、緑色に表示されている領域は、大気の上・中層に水蒸気が多いことを示しているが、Airmass RGB 合成画像では下層の水蒸気は観測されないため、下層の水蒸気の状態は直接的には把握できない。下層暖湿流などの水蒸気の状態は、下層雲の動きなどから間接的に推定するしかないことに留意が必要である。

衰弱期（2016年3月16日21時）



第 3.3.17 図 地上天気図
(2016年3月16日21時)



第 3.3.18 図 Airmass RGB 合成画像
(2016年3月16日21時)

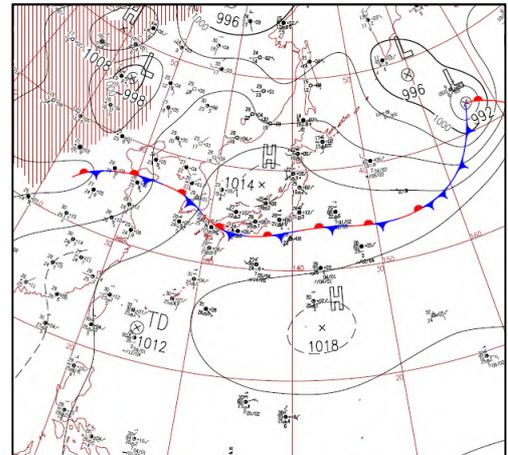
第 3.3.17 図と第 3.3.18 図には、低気圧の衰弱期である 2016 年 3 月 16 日 21 時の地上天気図と Airmass RGB 合成画像を示した。地上天気図を見ると、カムチャッカ半島の南海上には衰弱期に入った低気圧の中心がある。一方、Airmass RGB 合成画像でも低気圧に対応する下層渦の中心が同じ位置に確認できる。閉塞前線は低気圧を取り囲む白い雲域の内側に沿って解析でき、閉塞点は上層のジェットが横切り、温暖前線と寒冷前線の交点の位置に考えられる。Airmass RGB 合成画像からは、アリューシャン列島に伸びるバルジの付け根付近に閉塞点が考えられる。また温暖前線は、閉塞点から南東方向の下層暖湿流の先端にかけてのび、寒冷前線は、閉塞点から南西方向に伸びる白い雲列に沿っていると考えられる。なお、低気圧に対応する下層渦の中心位置や衛星画像による前線の位置は、Airmass RGB 合成画像や赤外面像、水蒸気画像などの動画を利用して、下層雲の動きや雲域の特徴、上層ジェットなどに着目して、総合的に解析することにより解析精度の向上を図ることができる。

3. 4 衛星画像による顕著事例

3. 4. 1 平成 29 年 7 月九州北部豪雨 (2017 年 7 月 6 日を対象) *

2017 年 7 月 4 日から 6 日にかけて、梅雨前線や台風第 3 号の影響により、西日本から東日本を中心に局地的に猛烈な雨が降った (第 3.4.1 図)。6 日は、対馬海峡から本州南岸に梅雨前線が停滞し、前線に向かって暖かく湿った空気が流れ込んだ影響により九州北部などで日降水量 300 ミリを超える大雨となった (気象庁, 2018)。

ここでは 6 日の九州北部周辺に着目し、大気上層のトラフやジェット気流、寒気、高渦位域といった総観スケールの場が即時的に把握できる、水蒸気画像や Airmass RGB 合成画像 (気団解析画像) 等を用いた事例解析を示す。

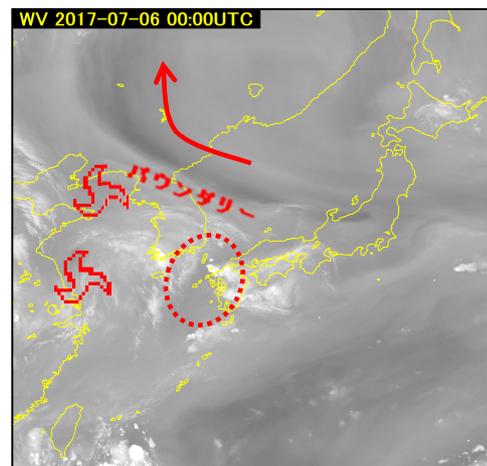
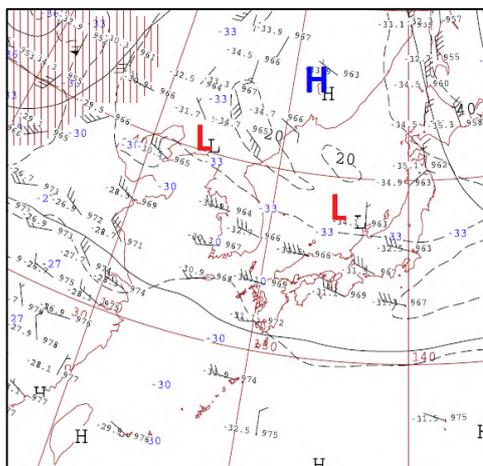


第 3.4.1 図 地上天気図
(2017 年 7 月 6 日 9 時)

(1) 水蒸気画像、RGB 合成画像等による総観スケール解析

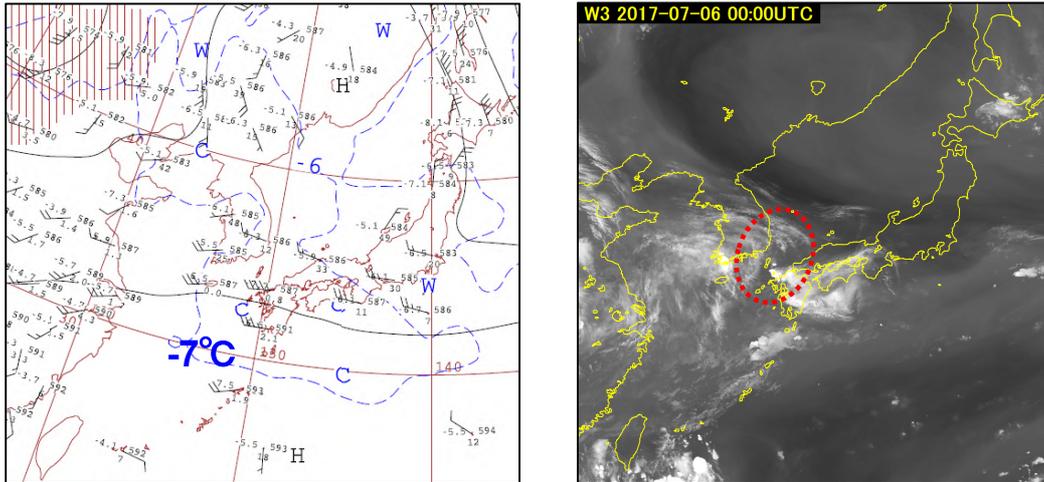
水蒸気画像 B08 (観測中心波長 6.2 μm 、以下同じ)、B09 (6.9 μm)、B10 (7.3 μm) は、上空の水蒸気の分布やその時間変化を知ることができる (寺坂, 2016)。B08 は主に大気上層、B09 は上中層、B10 は中層付近の水蒸気の多寡に対応しており、実用上しばしば B08 画像と 300 hPa 高層天気図、B10 画像と 500 hPa 高層天気図というように各水蒸気画像と天気図と比較することが多い。なお、これらの画像は、厳密には特定の高度の水蒸気・輝度温度分布ではなく、衛星から見てある程度の深さを持った分布を示しているということに注意する必要がある (志水他, 2017)。

第 3.4.2 図の 6 日 09 時の B08 水蒸気画像をみると、大陸～沿海州、日本海にかけて横たわるバウンダリ (明暗の境)、山東半島付近と黄海付近に上層渦が確認できる (動画を併用)。バウンダリは、同時刻の 300hPa 天気図 (第 3.4.2 図) より、対応するジェット気流は不明瞭であるが、沿海州付近にある高気圧南端の南東風 (第 3.4.2 図右図の矢印) と朝鮮半島付近の西風のシアアの大きい領域に対応している。また、山東半島付近の上層渦は 300hPa 天気図の低気圧に、黄海付近の上層渦は、300hPa 天気図のトラフに対応していることがわかる。



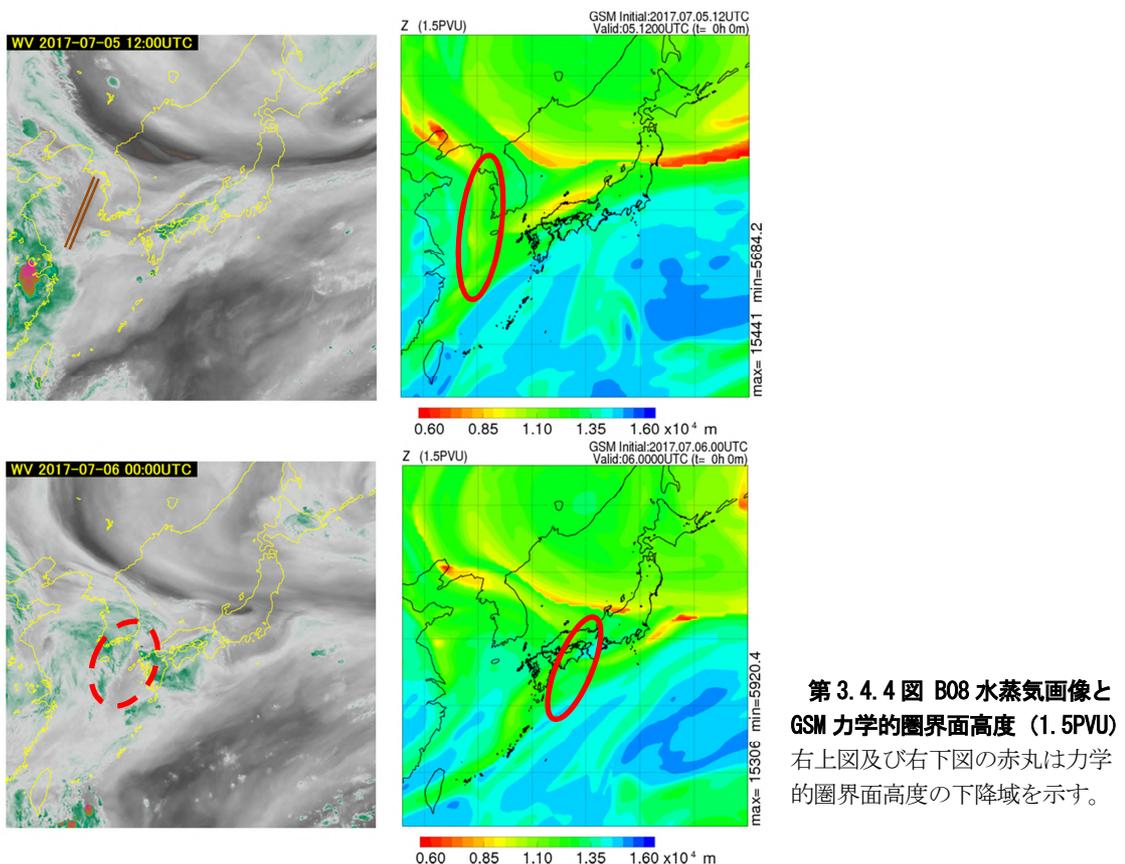
第 3.4.2 図 アジア 300hPa 天気図 (高度・気温・風・等風速線) (左) と B08 水蒸気画像 (記号は上層渦) (右)
(2017 年 7 月 6 日 9 時)

*志水 菊広 (気象衛星センターデータ処理部解析課)

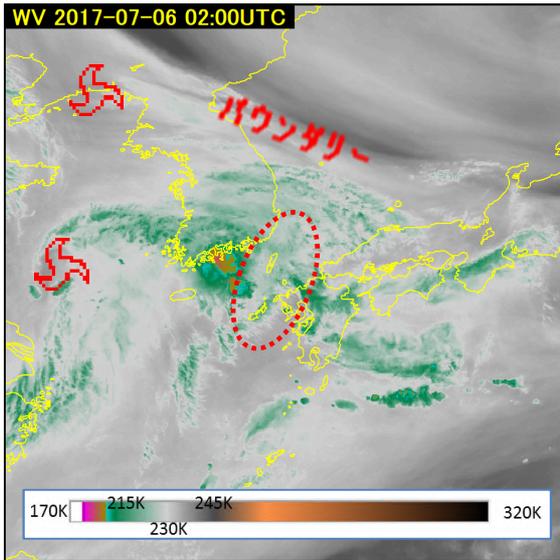


第 3.4.3 図 アジア 500hPa 天気図 (高度・気温・風) (左) と B10 水蒸気画像 (右) (2017 年 7 月 6 日 9 時)

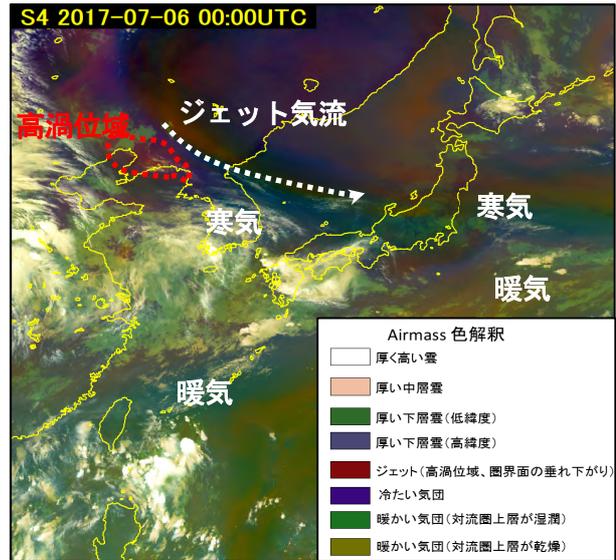
一方、6 日 9 時の B10 水蒸気画像では対馬海峡付近にやや暗い領域 (第 3.4.3 図赤点線の丸) があるが、この領域はトラフに対応したものではない。このことについて、考察してみる。5 日 21 時に黄海付近には、力学的圏界面が下降している領域 (第 3.4.4 図右上の赤丸) があり、B08 水蒸気画像のやや暗い領域と対応している (第 3.4.4 図左上の茶色二重線)。B08 水蒸気画像の動画で見ると、この位相は 6 日 9 時には中国・四国地方まで進んでいることがわかる (第 3.4.4 図右下の赤丸)。この位相の通過・接近により、西日本では対流活動が活発となったため、力学的圏界面の下降している領域に対応したやや暗い領域は不明瞭化した (第 3.4.4 図左下)。したがって、対馬海峡付近のやや暗い領域は、トラフによるものではなく、6 日 9 時に中国・四国地方に進んだ力学的圏界面の下降域後面の比較的乾燥した空気によるものだと考えられる。



第 3.4.4 図 B08 水蒸気画像と GSM 力学的圏界面高度 (1.5PVU) 右上図及び右下図の赤丸は力学的圏界面高度の下降域を示す。



第 3.4.5 図 カラースケール表示の B08 水蒸気画像
(2017 年 7 月 6 日 11 時)



第 3.4.6 図 Airmass RGB 合成画像
(2017 年 7 月 6 日 9 時)

なお、水蒸気画像では、第 3.4.2 図や第 3.4.3 図のようなグレースケールの画像のほかに、第 3.4.5 図のように B08 水蒸気画像の輝度温度に対応した着色（カラースケール）画像もある。この画像は、雲域は緑色主体、暗域（乾燥域）は概ね暗灰色から茶色で表示されるため上層渦などが追跡しやすく有用である。

次に Airmass RGB 合成画像は、上層の寒気・暖気の分布やジェット気流、高渦位域や圏界面の垂れ下がりがわかるので、総観スケールの解析に有用である。Airmass RGB 合成画像の色調表示の詳細については、後述する「付録 Airmass RGB 合成画像の色調表示に関する補足」を参照いただきたい。

第 3.4.6 図より、黄海から四国を通り日本の東にのびる前線に対応した雲域をはさんで、極側に上層の寒気、低緯度側に暖気が分布している。この前線に対応した雲バンドの極側には、東西に伸びるライン状の赤茶色の領域があり、本事例では不明瞭だがジェット気流に関連する領域であることが判断できる。また、黄海・東シナ海付近の上層渦は、上層雲が覆いかぶさっていて Airmass RGB 合成画像では不明瞭だが、黄海・中国東北区の上層渦付近は赤茶色の領域がみられ、高渦位域の存在が推定できる。

一般的に各種水蒸気画像では、上中層の流れは衛星画像から直接的に確認できるが、下層の流れは確認できない。このため下層の流れは、赤外面像や可視画像による中・下層雲の動きから確認することになる。したがって、Airmass RGB 合成画像による高渦位域と可視・赤外面像でみられる朝鮮半島南部～九州北部への下層暖湿気の流入をあわせて考えれば、大気の状態が不安定な状況にあることが推測できる。

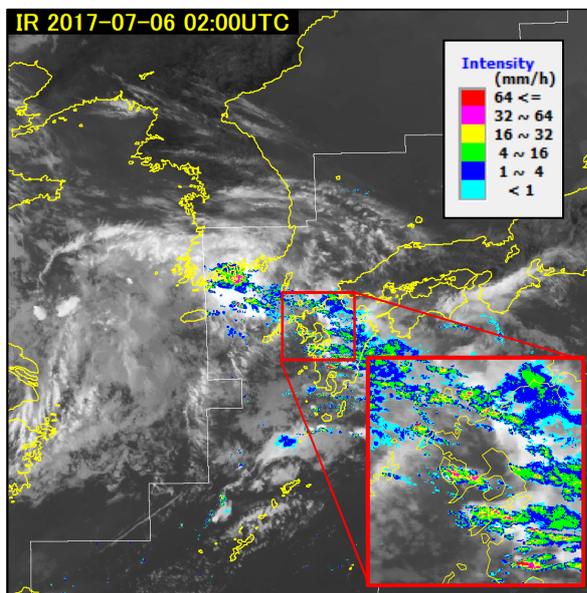
なお、Airmass RGB 合成画像単独では、水蒸気画像と同様に下層の流れは上中層のように直接的に確認することはできないため、可視・赤外面像を併用して下層の暖湿気の流入を確認することも大気不安定を考えるうえでは重要である。

(2) 観測データなどを併用した詳細な解析

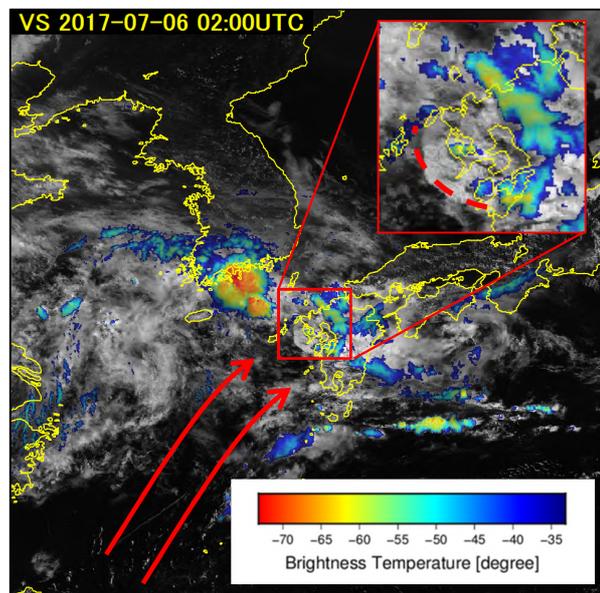
第 3.4.7 図に示すように、活発な対流雲主体の雲域は地上前線付近で前日から連続的に同じような場所で生成消滅していた。それに伴い強い降水エコーも前線付近に持続して発生していた。特に九州北部では線状の対流雲と降水エコーが持続してみられ（第 3.4.7 図右下拡大図）、九州北部において大雨事例となったことが示唆される。雷監視システム（LIDEN）の観測（図略）では活発な対流雲領域に多くの発雷が検知されていた。

可視・赤外画像、または可視画像に赤外輝度温度をカラースケールで重ねた雲頂強調画像（第 3.4.8 図）などであらためて中下層雲の動きを見ると、前線に向かって南西側から移動してきており、継続的に暖湿気が流入していたことが示唆される。第 3.4.8 図の雲頂強調画像をみると、6 日 10 時以降には東シナ海からの前線に向かって南西側から移動する下層雲とは別に、九州北部の対流雲付近から海上へ向かって弧状に広がる下層雲（アーククラウド）が認められる（第 3.4.8 図中右上拡大図の破線付近）。このアーククラウドは衛星画像から背の低い下層雲が主体であることがわかるが、積乱雲からのガストフロントが東シナ海から流入する暖湿気とぶつかって可視化されたと考えられ、下層が非常に湿っている状態であることを示唆している。また、熊本のウィンドプロファイラの観測によると（第 3.4.9 図）、下層を中心に鉛直シアーがみられ、対流雲が持続しやすい条件の一つが確認できる。

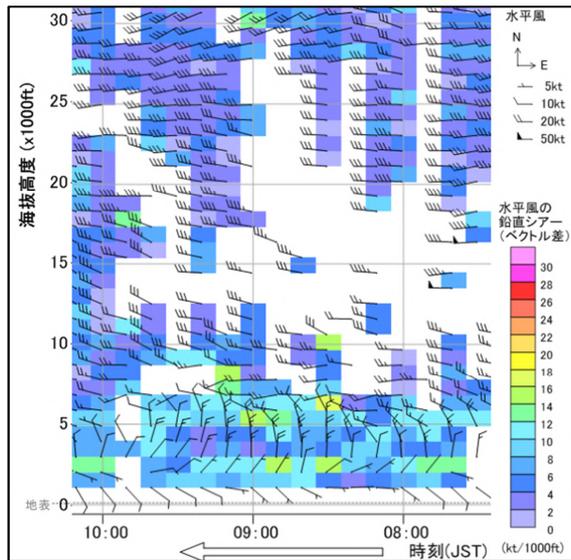
このような対流雲の活発な領域を監視するには、日中時間帯は雲頂強調画像や Day Convective Storm RGB 合成画像（日中対流雲画像）（赤：B08 と B10 の差分、緑：B07（3.9 μm ）と B13 の差分、青：B05（1.6 μm ）と B03 の差分の組み合わせ）などが用いられる。ここでは Day Convective Storm RGB 合成画像で事例を確認する。Day Convective Storm RGB 合成画像（第 3.4.10 図）で黄色く表示される領域は、厚みのある雲域の寄与が大きい赤色の B08 と B10 の差分と、小さな氷晶のある雲域（ここでは特に雲中の強い対流によって氷晶の粒径が十分成長する前に雲頂に達した領域）に大きく寄与する B07 と B13 の差分の両方が寄与する領域で、シビア現象が発生しやすい強い対流を伴う雲域に対応する。非常に活発な朝鮮半島南部付近の雲域だけではなく、長崎県付近などにもオレンジ～黄色い色調の雲域がみられる。その南西側に暗いアーク状の構造がみられることから、この付近の積乱雲から下層のアーククラウドが発生したものと考えられる。ただし本事例のアーククラウドは中層雲または下層雲主体のため Day Convective Storm RGB 合成画像では不明瞭である。前述の雲頂強調画像や B03 可視画像などで中層雲や下層雲を確認したうえで、Day Convective Storm RGB 合成画像から積乱雲を判別するとよい。



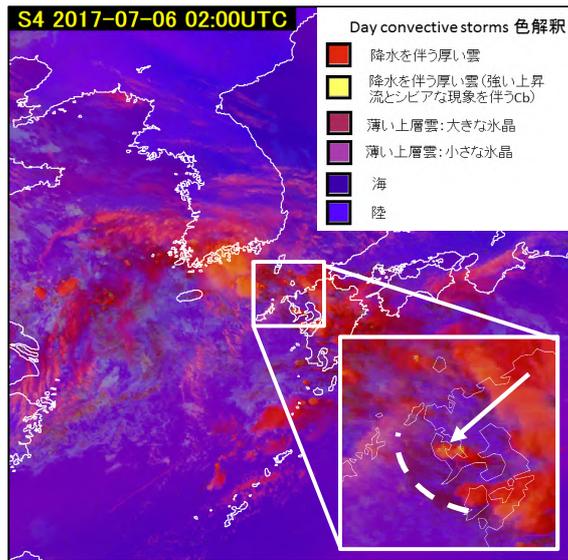
第 3.4.7 図 B13 赤外画像とレーダー観測データ
(2017 年 7 月 6 日 11 時)



第 3.4.8 図 雲頂強調画像
(2017 年 7 月 6 日 11 時)



第3.4.9図 熊本のウィンドプロファイラ
(2017年7月6日6~12時)



第3.4.10図 Day Convective Storm RGB 合成画像
(2017年7月6日11時)

(3) まとめ

- Airmass RGB 合成画像から上空のトラフやジェット気流、高渦位域といった総観スケールの場合が即時的に解析できるので、それらの把握に有効である。
- 通常、下層の暖湿気の流れは、各種水蒸気画像や Airmass RGB 合成画像からは確認できない。このため可視・赤外面像等を併用して下層の暖湿気の流れ込みを確認する必要がある。
- 対流雲の特に活発な領域の監視（解析）には雲頂強調画像や Day Convective Storm RGB 合成画像などが有用である。雲頂強調画像などからは前線帯への暖湿気の流れを示す下層雲の動きや、活発な対流雲から吹出したアーククラウドによる下層の湿りの状態が確認できる。

3.4.2 九州北部の突風事例（2017年8月9日）*

(1) はじめに

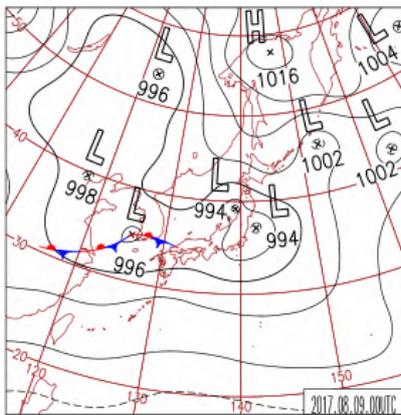
2017年8月9日朝に発生した九州北部の突風事例について紹介する。

9日朝、黄海にあった前線を伴った低気圧が9日夕方にかけて朝鮮半島南部を進んだ（第3.4.11図）。第3.4.12図に示したとおり、7時から9時にかけて弧状の降水帯が九州を通過しており、それに伴い平戸のウィンドプロファイラでは下層で強い風が観測されていた（図略）。また、第3.4.13図より850hPaでは345K以上の高相当温位を持った気塊が西から流入していることがわかる。7時頃、長崎県長崎市小江原付近で突風が発生し、ゴルフ練習場の鉄製支柱が倒れる被害があった（長崎地方気象台，2017）。その後、8時10分頃、福岡県福岡市博多区須崎町から呉服町（第3.4.14図）にかけて、住家外壁材の浮き上がりなどの突風による被害が発生した（福岡管区気象台，2017）。これらの突風害が発生した時刻は、第3.4.12図における強い降水帯の通過（16mm/hの降水強度）と対応していた。

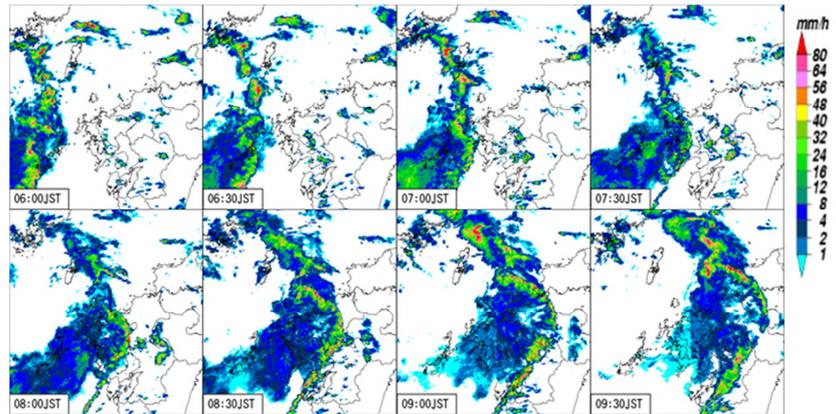
突風通過時と思われる時刻付近で、第3.4.15図（長崎の図は略）にあるとおり長崎・福岡ともに気温や気圧、風向・風速が急激に変化しているなど、特徴的な観測結果がみられた（福岡管区気象台，2017；長崎地方気象台，2017）。福岡管区気象台（2017）や長崎地方気象台（2017）でも述べられているように、この

*安部 実希（気象衛星センターデータ処理部解析課）

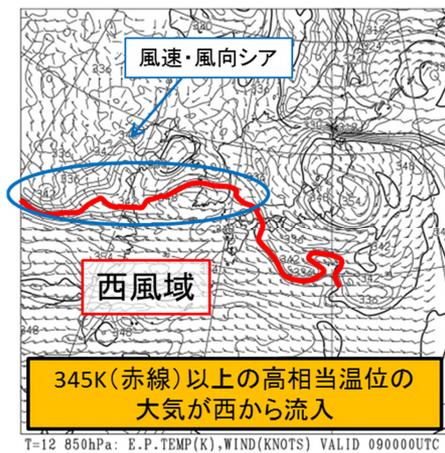
特徴的な変化は「ガストフロント」が通過した時のものであると考えられる。ガストフロントは、衰弱期にある積乱雲から流出する冷氣外出流と下層の暖かい空気との境界に発生する前線である（気象庁ホームページ;小倉, 1997・1999）。



第 3.4.11 図 地上天気図
(2017年 8月 9日 9時)



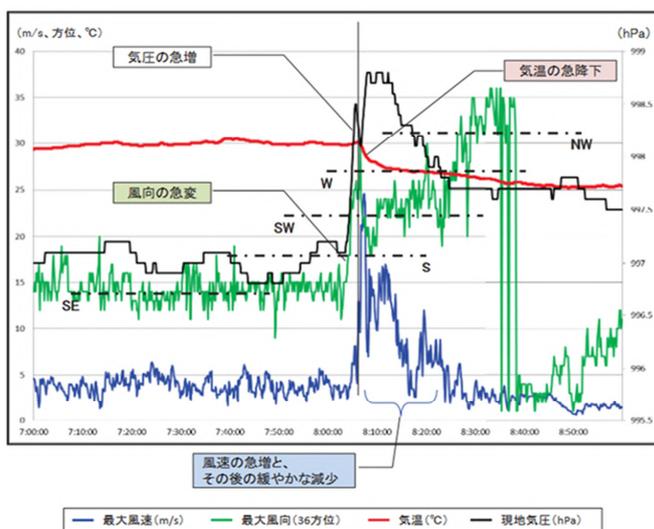
第 3.4.12 図 レーダー降水強度 (8月9日 6時 00分~9時 30分)



第 3.4.13 図 8月9日 9時の 850hPa の相当温位、風の予想 (8月8日 21時初期値 GSM)



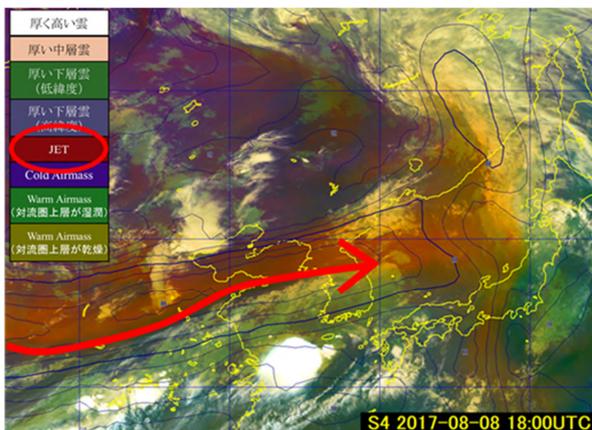
第 3.4.14 図 福岡県福岡市博多区の被害発生地域



第 3.4.15 図 福岡 (福岡市中央区) の気温、風向風速、気圧の観測値
(8月9日 7時 00分~9時 00分)

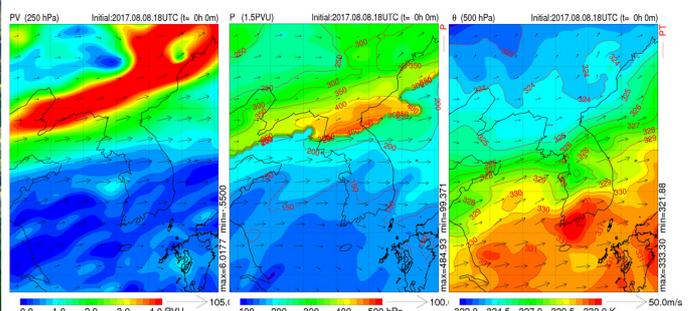
(2) 衛星画像を用いた総観場の把握

衛星画像を利用して本現象の解析を行っていく。実況のジェット軸の位置把握に利用可能な RGB 合成画像である「Airmass RGB 合成画像」を確認した（詳細は 3.4.1 項を参照）。第 3.4.16 図の Airmass RGB 合成画像の内、赤茶色の部分が高渦度域やそれに伴うジェット軸に対応する。図中の青い実線は数値予報（全球モデル、GSM）の 250hPa 面での等風速線を表しており、60 ノット以上の強風域（ジェット軸、この事例では中国の山東半島や朝鮮半島北側上空）と Airmass RGB 合成画像で解析されるジェット軸（赤い矢印）は対応がよい。ジェット北側には乾燥した成層圏起源の高渦位・低圏界面領域の目安となる赤茶色領域がある。このような高渦位領域の下降によって低気圧性の渦位が生じ、赤茶色の領域の南側縁辺付近にジェット気流が形成されると考えられる。今回の事例では、この赤茶色の領域が地上の前線北側で解析できることから（前線の位置は第 3.4.11 図参照）、前線の北側中上層への乾燥・低温位気塊の流入が考えられる（加藤他, 2012）。そのため、Airmass RGB 合成画像より前線近傍の対流雲の発達に寄与する可能性が示唆されていたことになる。数値予報モデルの解析値にて高渦位域の有無を確認したのが第 3.4.17 図である。左側は 250hPa 面の渦位を表しており、第 3.4.16 図の Airmass RGB 合成画像で解析したジェットの位置の北側に高渦位域（赤色）があることがわかる。中央の図は 1.5PVU 渦位面での力学的圏界面高度だが、特に朝鮮半島北側で圏界面高度が低くなっている（オレンジ色）。これは高渦位域が圏界面付近にある場合の特徴のひとつである。右側の図は 500hPa 面の温位を表している。前述のとおり中上層に低温位領域が流入しており、かつ第 3.4.13 図より 850hPa では 345K 以上の高相当温位を持った気塊が流入していることから、大気は不安定だったことがわかる。



第 3.4.16 図 Airmass RGB 合成画像
(2017 年 8 月 9 日 3 時)

実線：GSM の 250hPa の等風速域、赤い矢印はジェット



第 3.4.17 図 8 月 9 日 3 時の GSM 解析値

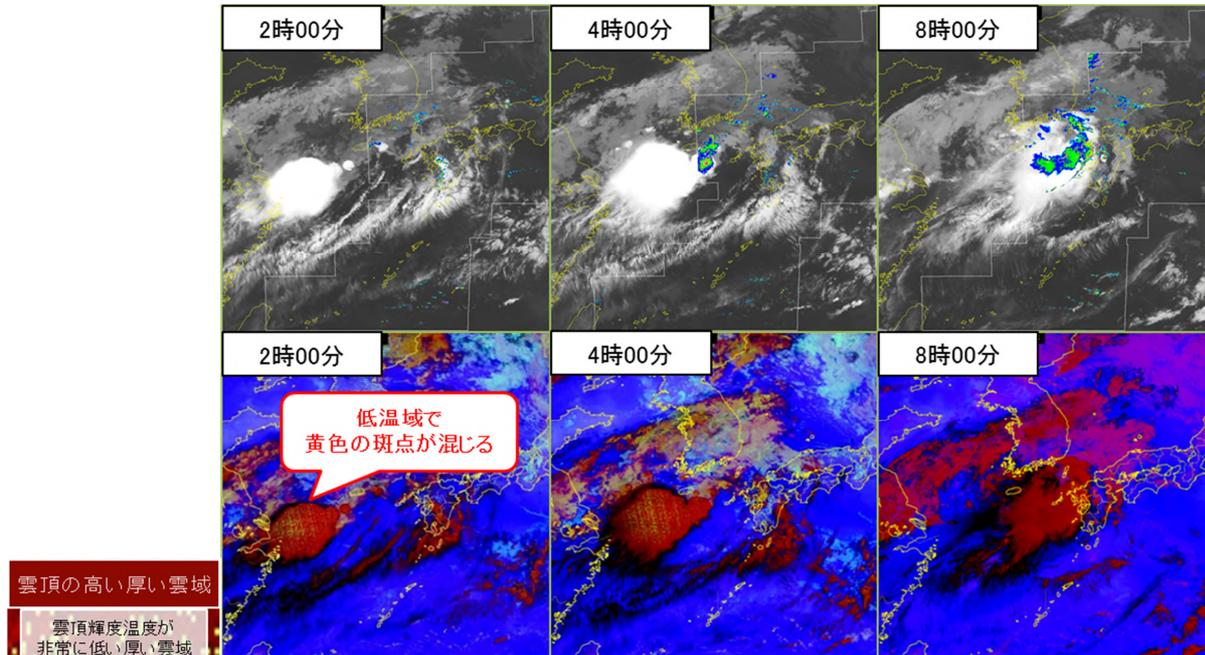
左：250hPa 面での渦位、中央：1.5PVU 渦位面での力学的圏界面高度（実線：力学的圏界面高度）、右：500hPa 面での温位（実線：温位）

(3) 衛星画像を用いた局地解析

次に局地解析を行っていく。発達した積乱雲が大陸から東進した時間帯は夜間だったため、可視・近赤外バンドを利用しない Night microphysics RGB 合成画像を使用する。Night microphysics RGB 合成画像は雲頂の高い厚い雲域は赤色で表されるが、その中でも特に「雲頂輝度温度が非常に低い」領域では赤色に加えて黄色の斑点が現われる（寺坂他, 2018）。これは、発達した積乱雲域でよくみられるものであり、今回も東進してくる積乱雲域をよく捉えていた。

第 3.4.18 図では、上段が赤外 (B13) 画像にレーダー画像を重ねた画像、下段が Night microphysics RGB 合成画像のみの時系列となっている。図の左列にて、衛星画像ではレーダーの範囲外から東進してくる

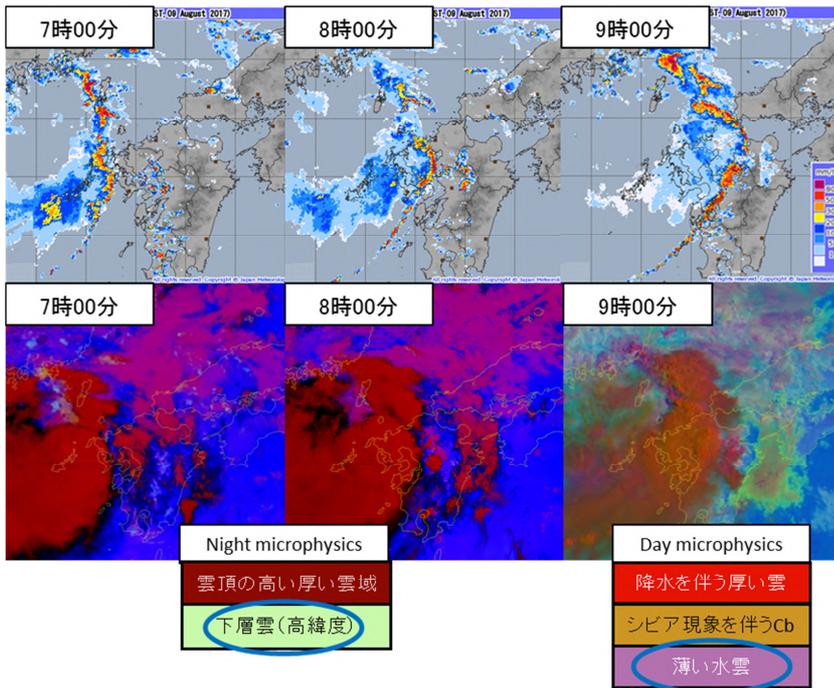
発達した積乱雲を捉えることができていることがわかる。また、4 時の時点でレーダーでも雨雲を捉えはじめているが、それよりも後方にある積乱雲はレーダーのみではわからない。このように衛星画像はレーダーのように降水を直接観測できるわけではないものの、レーダーよりも広範囲の情報が得られるため顕著現象の早期発見に活用できる。



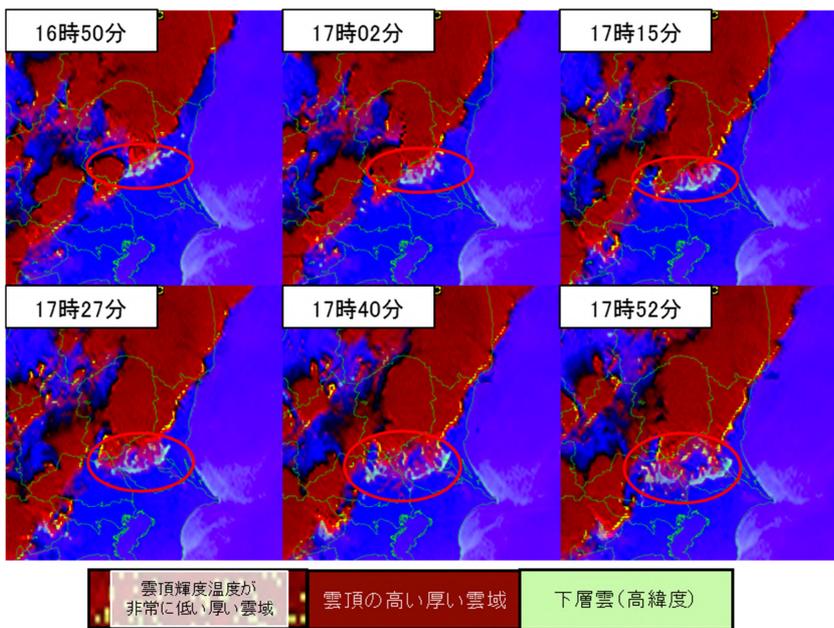
第 3.4.18 図 赤外 (B13) 画像にレーダーを重ねた画像 (上段)、Night microphysics RGB 合成画像 (下段) (2017 年 8 月 9 日 2 時~8 時)

第 3.4.15 図の観測結果より、ガストフロントが発生していた可能性が高いと述べたが、ガストフロント発生時には衛星画像からフロント上にアーククラウド（アーク状の雲）が見えることがあり、突風ないし突風が起きた場所を特定する判断材料に成り得る（小倉，1997）。今回の事例でアーククラウドが衛星から見えていたのかを第 3.4.19 図で確認した。図の右列は 9 時の画像であり、この時間帯だと可視・近赤外の画像も使用できるため日中の雲解析に用いられる Day microphysics RGB 合成画像も利用した（寺坂他，2018）。アーククラウドは、Night microphysics RGB 合成画像では黄緑色の、Day microphysics RGB 合成画像では紫色やマゼンタの厚い水雲や下層雲として見えるが、第 3.4.19 図のとおり九州付近は厚い雲で覆われていたため、直接衛星画像から確認することができなかった。

参考として、アーククラウドが衛星画像から確認できた 2015 年 8 月 6 日の栃木・茨城の事例の Night microphysics RGB 合成画像を第 3.4.20 図に示す。特にこの事例では画像のコマ送りや動画を用いるとアーククラウドが識別しやすい。この日、栃木県では 6 日 16 時 30 分頃、茨城県で 6 日 17 時 20 分にガストフロントやダウンバーストとみられる突風が発生した（宇都宮地方気象台・東京管区気象台，2015；水戸地方気象台・東京管区気象台，2015）。



第 3.4.19 図 レーダー画像（上段）、Night/Day microphysics RGB 合成画像（下段）
（2017 年 8 月 9 日 7 時 00 分～9 時 00 分）



第 3.4.20 図 Night microphysics RGB 合成画像で見るアークラウド
（2015 年 8 月 6 日 16 時 50 分～17 時 52 分）
赤丸で示した部分の内、黄緑色のアーチ状の雲を示す

(4) まとめ

本節では、レーダーの範囲外にある発達した積乱雲について、広範囲の状況把握に活用できる衛星画像を使用することによって、早期に把握できるという利点を中心に事例解析を行った。今回の事例では衛星画像からアークラウドは把握できなかったが、事例によっては確認することが可能である。夜間は可視・近赤外の衛星画像が利用できないため、Night microphysics RGB 合成画像で現象を把握するのが有効であり、赤外（B13）画像単独で利用するよりもより発達した積乱雲域の場所の把握（黄色の斑点の有無）や下層雲と上層雲、積乱雲の区別が容易であるといった利点があり、実況監視に有効である。

3. 4. 3 2017年2月9日～12日にかけての山陰の大雪*

(1) 事例の概要・はじめに

この節で取り扱う事例は、冬型気圧配置の環境場（第3.4.21図）において、2017年2月9日から2月12日にかけて山陰地方や近畿北部を中心に記録的な大雪をもたらした降雪事例である（参考として、第3.4.22図に鳥取県周辺の2月12日9時の積雪深を示す）。この事例では、鳥取県大山町大山で264cm、兵庫県香美町兎和野高原で201cm、鳥取市吉方で91cmなどの最深積雪が観測された。また、鳥取県倉吉市大塚では日最深積雪が61cmと2月として観測史上1位を更新した（大阪管区気象台，2017；鳥取地方気象台，2017）。

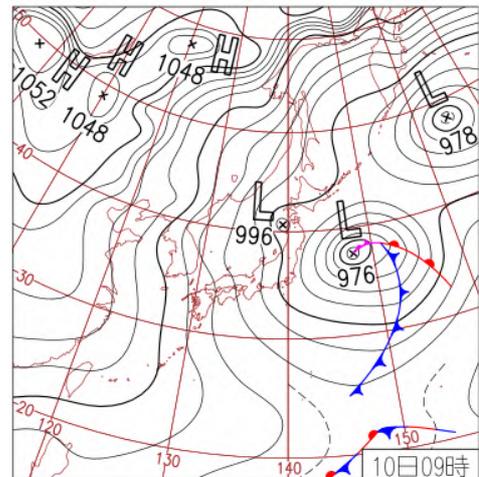
この事例では、日本海寒帯気団収束帯（以下 JPCZ : Japan sea Polar air mass Convergence Zone）（浅井，1988）に伴う活発な対流雲によって顕著な降雪がもたらされた。JPCZとは冬季に日本海で形成される長さ1000km程度の収束帯のことで、日本海側での大雪の原因となることが多い現象である。また、この収束帯上に低気圧が発生し、雷や突風などの顕著現象をもたらすこともある。したがって、冬季においてレーダー・衛星・数値予報などから JPCZ を把握することは、顕著現象などによる災害を軽減するために重要である。しかし、衛星による JPCZ の雲域の解析は、ひまわり7号までの単一バンドによる画像では衛星画像からの雲解析の技量を必要とするものであった。また、冬季の雲は夏季と比較して雲頂高度が低いため、特に夜間において、赤外画像から注目すべき雲域を見つけ出すことを難しくさせていた。

これらの課題を解決し得るのが、ひまわり8号の複数のバンドを組み合わせて作成する RGB 合成画像である。この画像からは、各バンドの特性に従った色の違いによって雲の相や雲微物理的な特性に着目した解析を簡単に行うことができる。この節では、日中・夜間それぞれについて RGB 合成画像を用いた JPCZ の雲域の解析を紹介する。

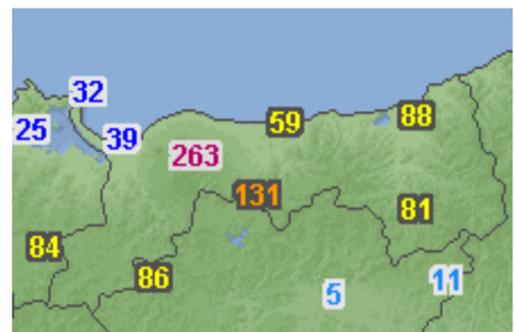
(2) 冬季において寒気に伴って日本海に発生する雲の基本的な特徴

ここでの解析に入る前に、冬季において寒気に伴って日本海に発生する雲について、衛星画像から見た基本的な特徴を整理する。

日本海に発生する雲はいずれも大陸上の寒気が相対的に暖かい日本海に流入することで発生するが、その雲パターンの違いには寒気の強弱や降雪パターンの違いとの対応がみられている。したがってこれ



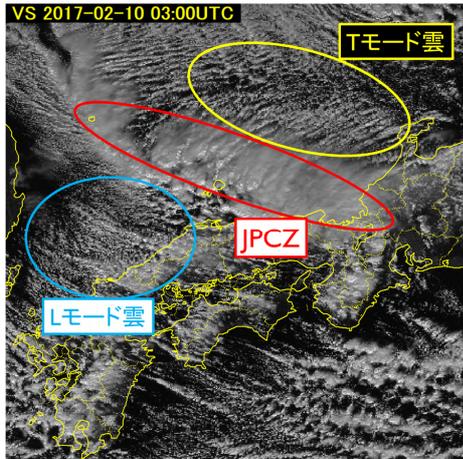
第3.4.21図 地上天気図
(2017年2月10日9時)



第3.4.22図 2月12日の9時の積雪深(cm)
(上)と鳥取県内のアメダス配置図(下)

*井岡 佑介（気象衛星センターデータ処理部解析課）（現 静岡地方気象台）

らを把握しておくことは、衛星画像から現在の場の概況を捉える観点から重要である。以下に、これから使用する用語を説明する。



第 3.4.23 図 B03(可視)画像
(2017年2月10日12時)

JPCZ

北西方向からの季節風が朝鮮半島北部の白頭山や長白山脈で強制的に分割され、再び日本海上で合流することによって形成される収束帯。発達したバンド状の対流雲と北西風に直交する筋状雲で形成されており、積乱雲(Cb)などを伴って顕著な降雪・雷・突風などを引き起こすことがある。衛星画像では第 3.4.23 図に示すように带状に広がる発達した雲域として現れる。

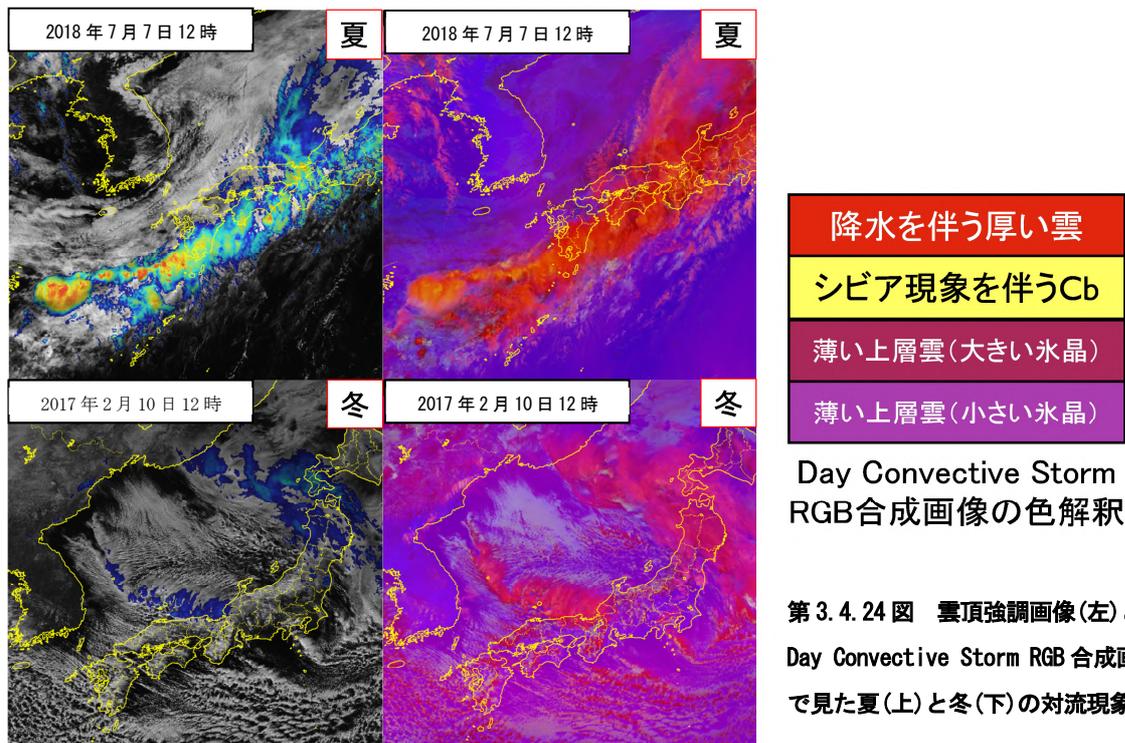
Tモード(Transverse-mode)雲

南西から北東の走向を持った分布の筋状雲。下層風の主風向とほぼ直交した走向を持っており、風の鉛直シアベクトルの方向に平行な対流モード。日本海側の沿岸部に広範囲の降雪をもたらすことが多い。

Lモード(Longitudinal-mode)雲

北西から南東の走向を持った分布の筋状雲。下層風の主風向とほぼ平行な走向を持っており、その筋状雲が上陸した場所において降雪が多くなる特徴がある。また、内陸部において降雪が増加する傾向がある。

(3) 夏季の対流現象と比較した冬季の対流現象の解析の留意点



Day Convective Storm
RGB合成画像の色解釈

第 3.4.24 図 雲頂強調画像(左)と
Day Convective Storm RGB 合成画像(右)
で見た夏(上)と冬(下)の対流現象

季節による衛星画像での対流雲の違いを示すために、第 3.4.24 図に冬季と夏季の雲頂強調画像と Day Convective Storm RGB 合成画像を示す。図より、同じ積乱雲(Cb)でも夏季と冬季では積乱雲の雲頂高度が違うために赤外バンドの輝度温度も異なり、また太陽高度の影響により可視・近赤外バンドの反射率も異なる。したがって、夏の対流現象の解析においてよく使われる雲頂強調画像や Day Convective Storm RGB 合成画像はそのまま利用できない点に留意が必要である。またその他の RGB 合成画像においても、色解釈と比較して色が変わってしまう影響が出ることは避けられない。

今回の事例で紹介する Day / Night microphysics(昼/夜雲解析)RGB 合成画像は、雲の微物理的特性を利用していることや、Day の場合に夏季と冬季とでレシピ(画像の作成設定)が分かれていることなどから冬でも有効なツールとして用いることができる。

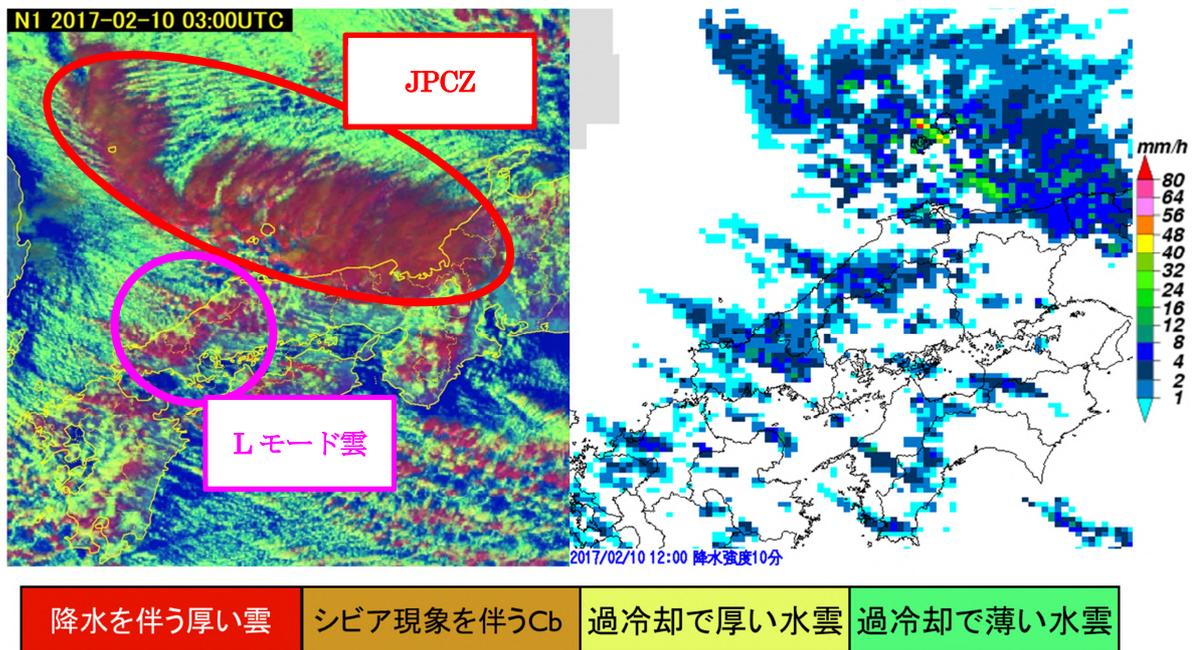
(4) RGB 合成画像による JPCZ の雲域の解析

今回の事例において顕著な降雪がみられた山陰地方や近畿北部では、第 3.4.25 図(右)に示すように JPCZ の帯状雲に伴う降水のほか、L モードの筋状雲域に伴う降水がレーダーにより観測された。

JPCZ は単一バンドの画像でも比較的識別しやすいが、周辺の筋状雲域との境界の区別には雲解析への習熟を必要とする。L モードの筋状雲域はその形状から単一バンドの画像でも識別は容易であるが、そのうちどこが特に発達した雲域であるかは単一バンドの画像からは識別しづらい。

そこで今回の事例では、JPCZ の雲域の把握と L モード雲のうち特に発達したものを識別するために Day / Night microphysics(昼/夜雲解析)RGB 合成画像を活用する。これらの RGB 合成画像を用いることで、昼夜それぞれの時間帯において着目すべき雲域を容易に解析することができる。

(a) 昼間における JPCZ の雲域と L モード雲の解析



第 3.4.25 図 Day microphysics RGB 合成画像(左)とレーダー降水強度(右) (2017年2月10日12時)

Day microphysics RGB 合成画像は、近赤外 B04(0.86 μm)、赤外 B07(3.9 μm)の太陽光反射成分、赤外 B13(10.4 μm)を合成した画像である。夏季と冬季とで異なるレシピが用意されており、季節による色の変化に対してもある程度同じような表現となるように対応している。

この RGB 合成画像は雲の相・粒径などの微物理的特長を利用することで様々な雲域を識別できる汎用性を持つ代わりに、色見本が 10 色以上存在する複雑な RGB 合成画像であることが利用者にとっての難点である。

ただし、今回のような活発な対流域の把握に限れば特に覚えておくべき色の数は数個に限られる。すなわち、赤色で示される降水を伴う厚い雲、茶色で示される降水を伴う厚い雲（特にシビア現象を伴う Cb）の 2 色である。

第 3.4.25 図に、2 月 10 日 12 時における Day microphysics RGB 合成画像とレーダーによる 10 分間降水強度を示す。右図のレーダー画像で観測されている JPCZ の雲域に伴う降水域や L モード雲に伴う降水域と左の RGB 合成画像で示される赤色や茶色の領域が整合的であり、その他の雲は黄色や黄緑色の過冷却の水雲として表現されていることがわかる。このように、広範囲に雲域が広がっている状況下において着目すべき雲域を簡単に把握できるのが RGB 合成画像を用いる利点である。

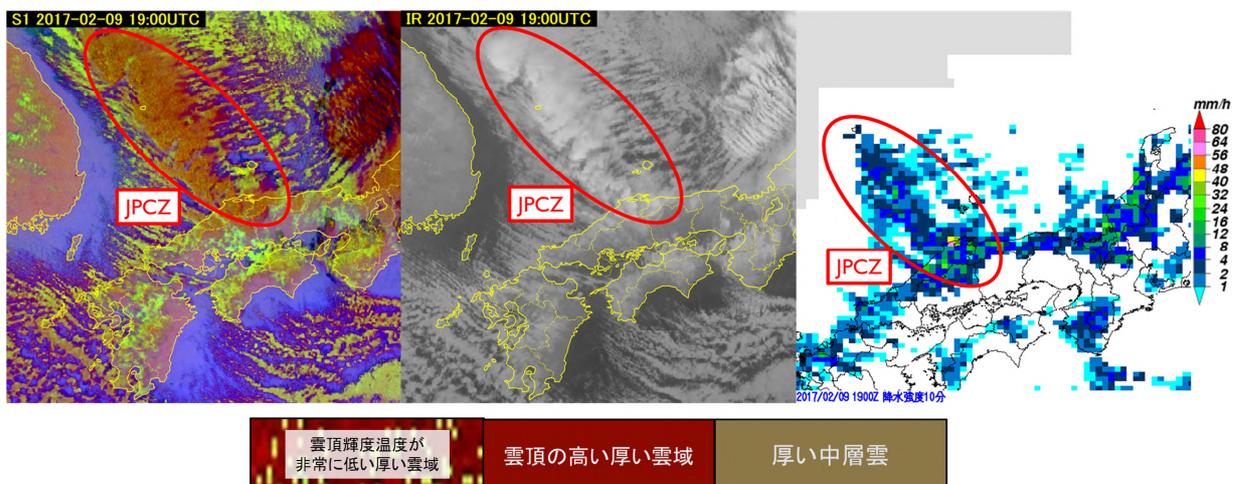
なお、この RGB 合成画像の色解釈において示される「降水を伴う厚い雲」は、あくまでも衛星画像からの解析であるため地上に降水が到達するかは分からないということには留意が必要である。

(b) 夜間における JPCZ の雲域の解析

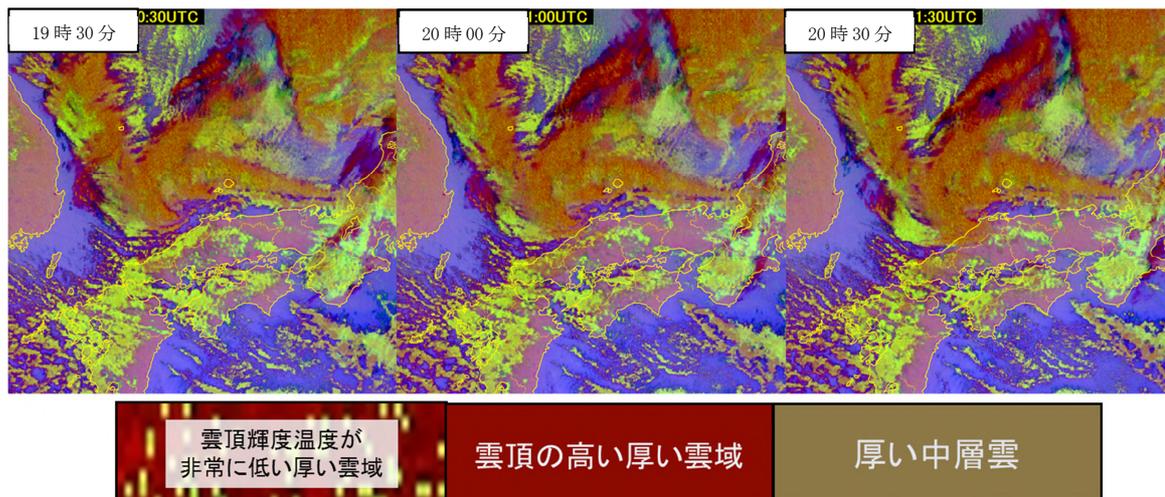
Night microphysics RGB 合成画像は、赤外 B15(12.3 μm)と B13 の差分、赤外 B13 と赤外 B07 の差分、B13 を合成した画像である。赤外の差分画像を主に使用しており、これまでは主に夜間における霧・下層雲の解析をするために紹介されてきた RGB 合成画像である。

第 3.4.26 図に、2 月 10 日 4 時における Night microphysics RGB 合成画像、B13 赤外画像、レーダーによる 10 分間降水強度を示す。RGB 合成画像とレーダーを比較すると、レーダー画像で観測されている JPCZ の雲域に伴う降水域と、RGB 合成画像で茶色系で示される厚い雲域との対応がよいことがわかる。また、単一バンドの赤外画像と比較すると、Night microphysics RGB 合成画像は濃淡の差が薄い赤外画像と比較して注意すべき雲域の把握が容易に行えることがわかる。

次に、この色の違いにより JPCZ の雲域の流入を把握できる例を示す。第 3.4.27 図に示すのは、2 月 9 日夜の山陰地方へ JPCZ の雲域が上陸した時間帯 (19:30~20:30) の 30 分毎の Night microphysics RGB 合成画像である。図から見てわかるとおり、日本海で発生した JPCZ の雲域が徐々に山陰へと上陸する様子が容易に解析できるようになっている。



第 3.4.26 図 Night microphysics RGB 合成画像(左)、B13(10.4 μm)赤外画像(中)、10 分間降水強度 (右)
(2017 年 2 月 10 日 4 時)



第 3.4.27 図 Night microphysics RGB 合成画像
(2017 年 2 月 9 日 19 時 30 分～20 時 30 分)

(5) まとめ

ここでは、冬季の JPCZ に伴う降雪事例に関して、RGB 合成画像からの対流雲域の把握を紹介した。雲粒の微物理特性に着目して作成されている Day & Night microphysics RGB 合成画像は、冬季の事例においても着目すべき雲域がどこなのかを色から把握することができる画像である。

RGB 合成画像は、既存の単一画像による雲解析と比較して、誰でも容易に衛星画像をツールとして使用できるようになる技術である。今回のような事例は単一画像と比較すると RGB 合成画像を利用することでその利点が活かされた事例の一つであると考えられる。

また、衛星画像の解析に熟練した解析者にとっても、RGB 合成画像は解析対象をより分かりやすく表示することができるため、より効率的で精度の高い解析を行うための有効なツールといえる。

気象衛星センター (2002) 及び(財)日本気象協会 (1993) で示されているような既存の雲解析の技術は現代の気象衛星においても変わらず使えるものであり、これらの既存技術と RGB 合成画像という新しい技術を組み合わせることで、より効率的に解析を行うことができる。

3. 5 おわりに*

今回の予報技術研修テキストでは、ひまわり 8 号の各種衛星画像を利用した総観スケール現象の把握について取り上げた。静止気象衛星による観測は、広範囲の領域を定常的に観測できる利点がある。この利点は総観スケール現象の把握にも適しており、さらに、ひまわり 8 号の各種 RGB 合成画像などのカラー画像を利用することにより、新しい形態での総観スケール現象の把握や解析が可能となる。

また、具体的な事例の紹介では、大雨、突風、大雪の事例を取り上げ、ひまわり 8 号の新しい画像の利用についていくつかの提案を行った。ひまわり 8 号の各種衛星画像について、一層の理解を深めていただくとともに、これらの画像の有効活用を推進していただければ幸いである。

*寺坂 義幸 (気象衛星センターデータ処理部解析課)

参考文献

- 浅井富雄, 1988: 日本海豪雪の中規模的様相. 天気, 35, 156-161.
- EUMETSAT MSG Interpretation Guide
(https://www.eumetsat.int/website/home/Data/Training/TrainingLibrary/DAT_2044069.html).
最終閲覧日 2018 年 8 月 31 日
- 福岡管区气象台, 2017: 現地災害調査報告「平成 29 年 8 月 9 日に福岡県福岡市博多区で発生した突風について」(https://www.jma-net.go.jp/fukuoka/chosa/saigai/20170809_fukuoka.pdf).
最終閲覧日 2018 年 8 月 27 日
- 加藤輝之, 廣川康隆, 2012: 「6.3 高渦位流入と大雨との関係」. 平成 23 年度予報技術研修テキスト, 気象庁予報部, 104-106.
- 気象衛星センター, 2002: 気象衛星画像の解析と利用-航空気象編-
(https://www.data.jma.go.jp/mscweb/ja/prod/pdf/book/book_koukukisho_c.pdf).
最終閲覧日 2018 年 8 月 21 日
- 気象研究所, 2017: 報道発表資料「平成 29 年 7 月 5-6 日の福岡県・大分県での大雨の発生要因について」
(http://www.jma.go.jp/jma/press/1707/14b/press_20170705-06_fukuoka-oita_heavyrainfall.pdf).
最終閲覧日 2018 年 8 月 22 日
- 気象庁, 2018: 災害時気象報告「平成 29 年 7 月九州北部豪雨及び 6 月 7 日から 7 月 27 日までの梅雨前線等による大雨等」(http://www.jma.go.jp/jma/kishou/books/saigaiji/saigaiji_201801.pdf).
最終閲覧日 2018 年 10 月 10 日
- 気象庁ホームページ: 「竜巻などの激しい突風とは」
(<https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/toppuu/tornado1-1.html>).
最終閲覧日 2018 年 8 月 27 日
- 気象庁ホームページ: 「トゥルーカラー再現画像の利用について」
(<http://www.jma-net.go.jp/sat/himawari/TCR.html>).
最終閲覧日 2018 年 8 月 31 日
- 黒良龍太, 森浩俊, 加藤輝之, 2013: 予報作業における渦位の利用について. 平成 25 年度予報技術研修テキスト, 気象庁予報部, 49-61.
- 水戸地方气象台・東京管区气象台, 2015: 現地災害調査速報「平成 27 年 8 月 6 日に茨城県桜川市で発生した突風について」(https://www.jma-net.go.jp/tokyo/sub_index/bosai/disaster/20150806mito/20150806mito.pdf).
最終閲覧日 2018 年 8 月 27 日
- Murata, H., K. Saitoh, Y. Sumida, 2018: True color imagery rendering for Himawari-8 with a color reproduction approach based on the CIE XYZ color system. J. Meteor. Soc. Japan., doi: 10.2151/jmsj.2018-049.
- Miller, S., T. Schmit, C. Seaman, D. Lindsey, M. Gunshor, R. Kohrs, Y. Sumida, and D. Hillger, 2016: A Sight for Sore Eyes - The Return of True Color to Geostationary Satellites. Bull. Amer. Meteor. Soc. doi: 10.1175/BAMS-D-15-00154.1
- 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) 最終閲覧日 2018 年 8 月 31 日

- 長崎地方気象台, 2017: 現地災害調査報告「平成 29 年 8 月 9 日に長崎市小江原で発生した突風について」
(http://www.jma-net.go.jp/nagasaki-c/gyomu/hodo/2017/ns_hodou20170908.pdf).
最終閲覧日 2018 年 8 月 27 日
- 小倉義光, 1997: メソ気象の基礎理論, 97-101.
- 小倉義光, 1999: 一般気象学 (第 2 版), 207-231.
- 岡林俊雄, 1982: 気象衛星資料の利用 (II). 測候時報, 49, 185-250.
- 大阪管区気象台, 2017: 近畿・中国地方の気象速報「平成 29 年 2 月 9 日から 12 日にかけての大雪について」
(http://www.jma-net.go.jp/tottori/t_kishou/20170213kisyousoku.pdf).
最終閲覧日 2018 年 9 月 6 日
- 志水菊広, 齋藤幸太郎, 山本幹人, 2017: ひまわり 8 号・AHI の 16 バンド画像の特性. 気象衛星センター
技術報告第 62 号, 39-71.
- 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.
- 寺坂義幸, 齋藤幸太郎, 鈴江寛史, 隅田康彦, 山本雅之, 佐々木勝, 2018: ひまわり 8 号による積乱雲監
視. 平成 29 年度予報技術研修テキスト, 気象庁予報部, 56-83.
- 鳥取地方気象台, 2017: 鳥取県の気象速報「平成 29 年 2 月 9 日から 12 日の鳥取県の大雪について」
(http://www.jma-net.go.jp/tottori/t_kishou/20170213kisyousoku.pdf).
最終閲覧日 2018 年 9 月 6 日
- 宇都宮地方気象台・東京管区気象台, 2015: 現地災害調査報告「平成 27 年 8 月 6 日に栃木県芳賀郡市貝町
から益子町にかけてと矢板市及び那須烏山市で発生した突風について」
([https://www.jma-net.go.jp/tokyo/sub_index/bosai/disaster/20150806utsunomiya/
20150802utsunomiya.pdf](https://www.jma-net.go.jp/tokyo/sub_index/bosai/disaster/20150806utsunomiya/20150802utsunomiya.pdf)).
最終閲覧日 2018 年 8 月 27 日
- (財)日本気象協会編著, 1993: 「ひまわり」で見る四季の気象-雲画像の見方- 気象衛星センター監修, 大
蔵省印刷局.

付録 Airmass RGB 合成画像の色調表示に関する補足*

4 種類の観測バンドの画像の情報を用いる Airmass RGB 合成画像の特性の理解はやや複雑なため、ここで色調と赤緑青色に割り当てられた各画像の特性を関連付けて、主な色調解釈について再確認する。寒気・暖気はそれぞれ暗い青紫色と緑色の色調で示される。寒気を示す暗い青紫色は青・赤色の画像の寄与が中程度で、緑色の寄与が少ない領域である。青色の画像は B08 水蒸気画像なので、青色の寄与が大きいところは上層水蒸気の多い領域や上層の温度自体が低い領域に相当する。寒気においては、対応する色調は上層の温度自体が低い領域であることを示している。赤色の画像は B10 と B08 の水蒸気差分画像であり、上層が乾燥していると寄与が大きく（上中層にまたがる厚い雲域も輝度温度差が少ないため寄与が大きい）、上層が湿っていると寄与が小さくなる。寒気においては赤色の寄与は中程度以下であるため、上層の水蒸気の多寡はあまり影響せず、水蒸気の多い領域ではやや青みが強くなる程度である。

一方、暖気は緑色の色調で示される。Airmass RGB 合成画像の緑色の画像は B12 画像と B13 赤外画像の差分画像で、B12 画像は主に成層圏に存在するオゾンの吸収を受ける。B12 画像と B13 赤外画像の差分画像ではオゾンの多い領域は緑色の寄与が小さく、オゾンの少ない領域は緑色の寄与が大きくなる。一般に低緯度の強い太陽紫外線によって生成されたオゾンは成層圏の大気の流れによって中高緯度に運ばれ極域へ輸送される。そのため、極域のオゾン全量は多くなり緑色の寄与が小さく、低緯度は寄与が大きくなる傾向になる。また、中高緯度ではオゾン全量は季節変動がみられ、低緯度域から中高緯度への成層圏大気の大規模輸送は冬季に活発となり、中高緯度では冬季から春季にかけてオゾンが蓄積されてオゾン全量が多くなる。

局所的な圏界面高度の低下領域は、赤茶色の色調で示される。赤茶色の色調は、赤色の画像の寄与が中程度で、緑と青色の画像の寄与が少ない領域である。上述の各色の寄与の理由から圏界面高度の局所的な低下とともに輸送されたオゾン濃度が上昇し（緑色の少ない寄与）、上層が乾燥した領域（赤色の中程度の寄与、青色の少ない寄与）に対応する。局所的な圏界面高度の低下をしばしば「圏界面の垂れ下がり」と呼称するが、このような領域では乾燥した成層圏起源の高渦位領域の下降により低気圧性の渦位偏差が生じ、ジェット気流や寒気コアの形成などをもたらす。また、1.5 ～2PVU 等渦位面は近似的に圏界面に対応するとされる。そのため、Airmass RGB 合成画像の赤茶色で表示される高渦位領域から上層のジェット気流や寒冷渦等を解析できる。なお、渦位の説明や利用については黒良他（2013）に詳しいため、ここでは詳細は省略する。

*志水 菊広（気象衛星センターデータ処理部解析課）