

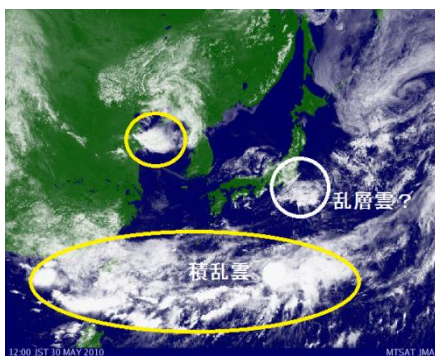
【9】気象衛星画像の見方

一般的に天気図は見て面白いというものではないであろう。特に高層天気図となると普通に見慣れている地上天気図とは表現方法が異なっているので、読むのに煩瑣なことも多い。それに比べて衛星画像（ひまわり画像）は直感的に見えるので親しみ易いし、また、天気予測にも役立つので、毎日の空模様（天気図）と併せて衛星画像を見比べると興味が湧くし、これを継続すれば段々と天気の推移が分かるようになる。気象庁HPでは衛星画像、天気図（地上実況天気図）両者とも、その推移が動画*で見える仕組みになっているので、気圧配置や雲の画像を対比させてその推移を掴むことができる。

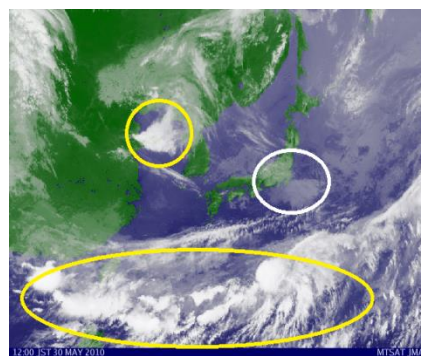
（註*）気象衛星の動画表示は最長で直近 12 時間、天気図の動画は最長で直近 3 日間。

気象衛星には、静止衛星（赤道上空約 4 万 km、5 ケ）と極軌道衛星（上空約 1 千 km、地球を縦方向に廻る 2 ケ）があり、全地球をカバーしている。日本が運用する「ひまわり」は前者の一員であり、アジア、太平洋地域をカバーしている。

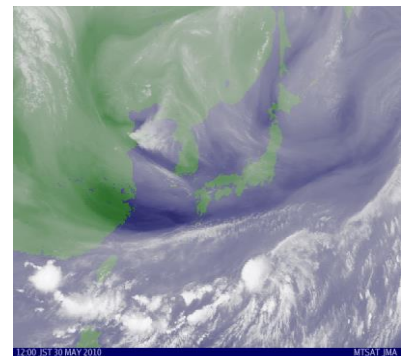
この「ひまわり」から送られてくる画像には大別して①可視画像、②赤外画像、③水蒸気画像の 3 種類があり、それぞれ特徴がある。まずは実物を見てみよう（いずれも 2010.05.30. 12:00 の同日同時刻）。



（①可視画像）



（②赤外画像）



（③水蒸気画像）

上の 3 種類の画像は、いずれも同時刻の①、②、③である。大まかには似ているが、局地的に見れば黒白の濃淡の様子はかなり異なっていることが読み取れる。詳細は後述するとして、上の 3 ツの画像の違いは何を示しているのであろうか。また、これによって何が読み取れるのであろうか。多少煩瑣になるが、①②③それぞれの原理と特徴について概観しておこう。

【①可視画像】人間の目で見える可視光線が雲や地表面・海面で反射して衛星に届いた放射エネルギーを画像化したもので、衛星から普通のカメラで撮影したものと思ってもよい。濃淡については、鉛直方向に大きく発達した積乱雲が一番明るく（白く）、次いで中層・下層雲が灰色がかって見える。雲の厚みが大きいほど白色の度合いが大きい。薄い上層雲は見えにくい。可視画像は当然のことながら太陽光線が当たらない夜間には観測できない。この①可視画像だけで見る場合には、

（1）真っ白な明るい部分は大きな積乱雲群が発達している可能性がある場所だから、降水があるとすれば、雨や雪は「しゅう雨性」（断続して降る強い雨）となり易く、暴風雨（雪）に注意が必要となる。上の図①でこの部分に該当するのは、黄海内及びフィリッピンから東の太平洋上の大きな雲域である（黄色楕円）。但し、この白い雲が真に積乱雲かどうかは次の赤外画像と見比べる必要がある。

（2）多少灰色がかった部分の雲は主として乱層雲で、降水があるとすれば「一様性降水」（シ

トシト降る地雨)である。上の図①で関東甲信越及び関東・東海沖に掛かる雲はこれに該当する(白丸)。

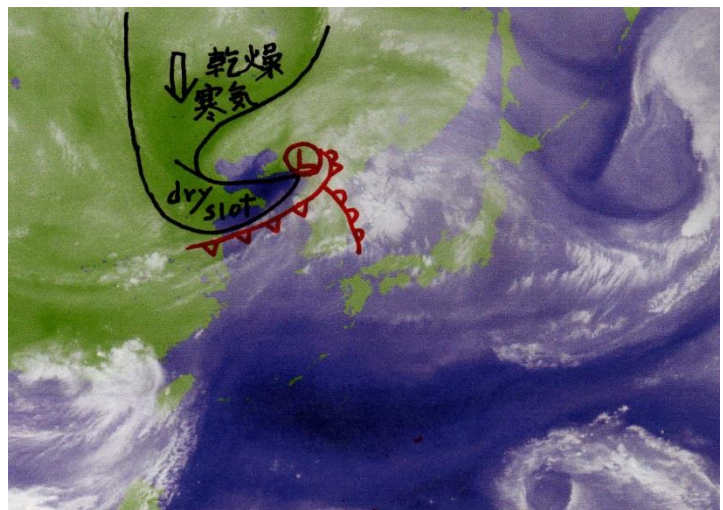
【②赤外面像】物体はその温度に対応した赤外線を放射している。衛星のセンサーが赤外線をキャッチして、温度が高い所を暗く、低いところほど白く画像処理したものである。即ち物体の温度を測っている訳で、国際空港での体温チェックの原理と同じ。赤外面像は昼夜の区別無く観測できる。一般に高度が高い所ほど低温であるので、発生高度の高い雲ほど白く表現され、低い雲や地上は暗く表現される。気象災害をもたらす積乱雲群などは雲頂高度が1万メートルを越えているので真っ白に見える(可視画像でも積乱雲群は真っ白に見えるが、可視画像では中・下層の層状雲が厚い場合にも同様に白く見えるので、積乱雲群かどうかの区別をするためには可視・赤外面像とも真っ白であることを確認する必要がある)。赤外面像は衛星画像の中でも中・上層の気象を知る上では一番重要なものである。

上の【①可視画像】(2)で触れた関東甲信越及び関東・東海沖に掛かる雲は可視画像では真っ白く見えるが、赤外面像では灰色に見えるので、これは背の高い積乱雲ではなく背が低くて雲厚が厚い乱層雲であることが分かる。即ち、降水はあっても激しく断続する「しゅう雨」ではなく、一様にシトシト降る「地雨」であると判断してよい。可視画像にもある黄海及びフィリピンから東の太平洋上の白い雲は積乱雲群と見て良い。

【③水蒸気画像】赤外面像の一種であるが、水蒸気によって吸収され易い波長帯を使っているので、対流圏中・上層の湿り具合(水蒸気量)を表示できる(下層から放射されるこの波長帯の赤外線は下層の大気に吸収されて衛星まで届かないので、下層の状態は観測できない)。白く見えるところは湿潤域であり、黒いところは逆に乾燥域である。特に発達した積乱雲群は水蒸気画像でも真っ白に見える。③の図で、黄海及びフィリピンから東の太平洋上の白い雲がそれに該当する。また、日本の南海上には細い帯状の暗いバンドが東西に走っているが、ここは非常に乾燥した寒気が下降している場所である。これを「暗域」と呼ぶ。

「暗域」は閉塞しつつある低気圧の後面(前線の北側)に左巻きに侵入しており、前線のすぐ東側には厚い雲域ができています。梅雨前線の近傍などで下層に湿潤な空気がある領域の上空にこの「暗域」が入ってくると、間もなく局所的に活発な対流性の雲(積乱雲群など)が発生し、集中豪雨、激しい雷雨などの引き金になるので、「暗域」が現れた場所は警戒が必要である。

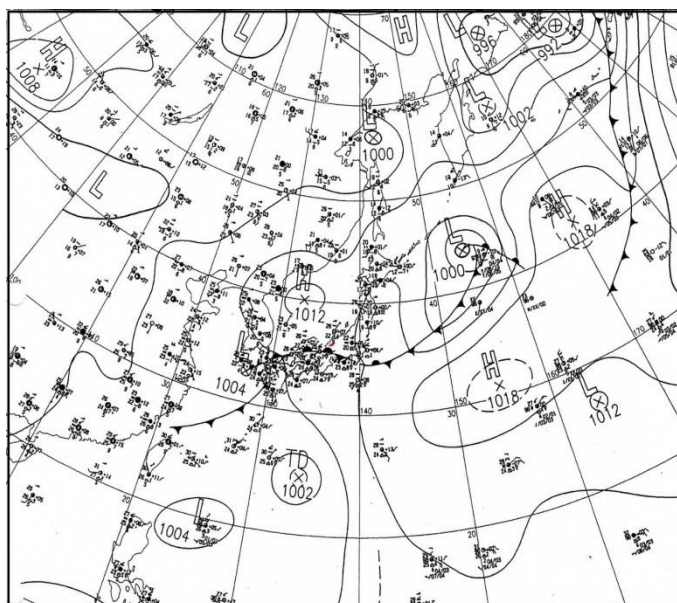
図一1で黒線で囲んだ部分が暗域である。赤線は前線を、㊦が地上低気圧の中心を示す。暗域と前線、低気圧中心の位置に注意(図一1は上の画像とは別の日のもの。以下同様)。同様な暗域と低気圧は千島列島の東側にも見られ、大きな左巻きの渦とその東側の厚い雲域が顕著である。水蒸気画像はこれを動画で動かすことによって上空の気流の流れの様子を判断することが出来るのも特徴である。



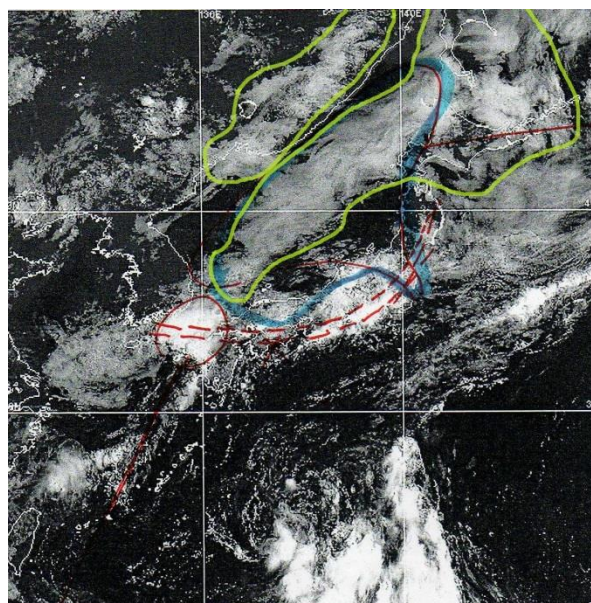
(図一1 水蒸気画像の暗域)

次に地上天気図と衛星画像を対比して示す。図一2はある年の梅雨期の地上天気図、図一3～5は同日同時刻の衛星画像である。天気図では済州島と北海道沖の太平洋上に低気圧があり、梅雨前線が九州南部から中国地方～東海地方～太平洋に伸びていること、四国の遙か南の太平洋に熱帯低気圧(TD)

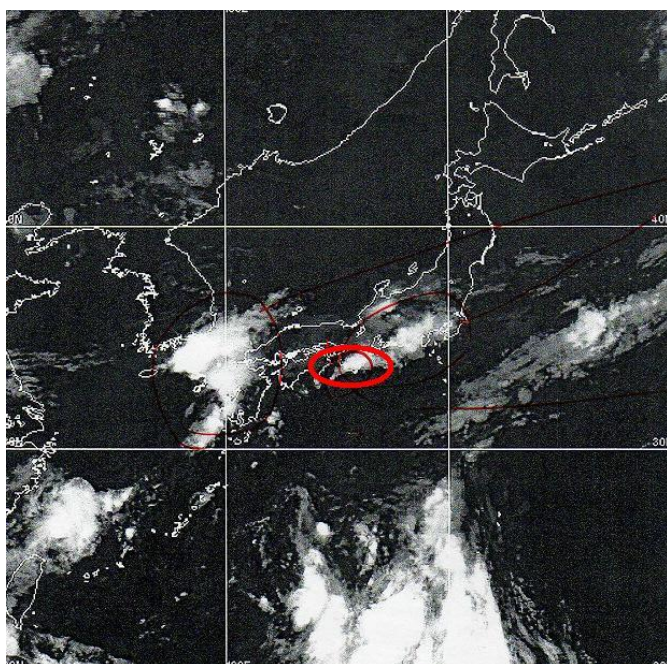
があることを頭において衛星画像をチェックしてみよう。



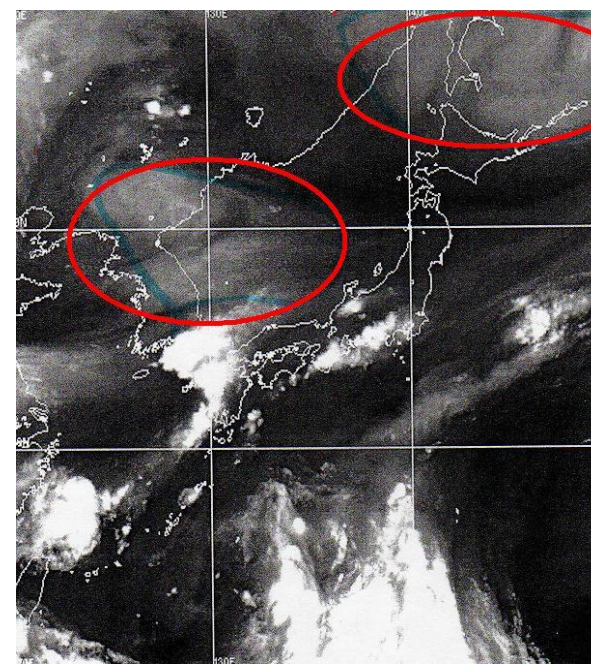
(図—2 地上天気図 ASAS)



(図—3 可視画像)



(図—4 赤外画像)



(図—5 水蒸気画像)

図—3の可視画像で梅雨前線に伴う雲は赤色の破線で示した白い領域であり、これを図—4の赤外画像で見ると九州北部と東海沿岸～関東沿岸に見える真っ白い領域が積乱雲群である。特に九州北西部の雲域は広く広がり、また画像も真っ白なので背の高い積乱雲群から激しい雨が降っていると推測される。可視&赤外画像で北緯25度東経135度付近に見える雲域は熱帯低気圧（地上天気図でTD=tropical depression、台風に発達することもある）に伴うものである。可視画像で、日本の東沖の太平洋からこの熱帯低気圧に向って左巻きに流れ込んでいる雲列も見える。

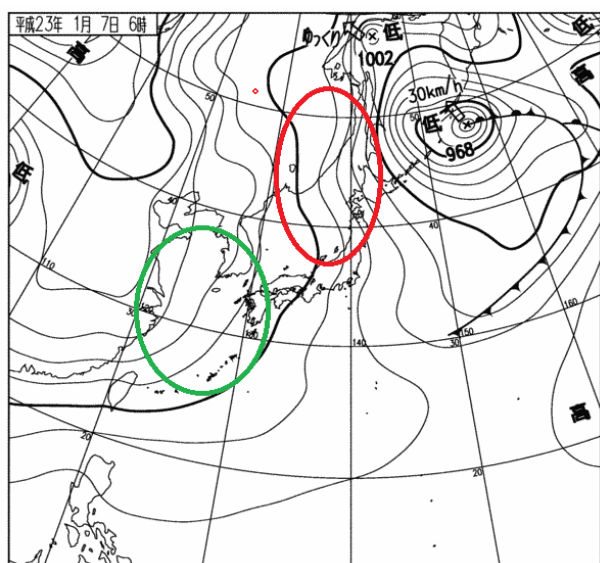
可視画像で沿海州沿岸、及び日本海から北海道～オホーツク海に掛かる灰色の雲（緑枠内）は赤外画像には無いので、低い層雲 or 海霧である。

赤外画像で紀伊半島から東に掛かっている雲（太い赤色楕円）は別項【5】「梅雨末期の集中豪雨」でも触れた「テーパーリング・クラウド」（にんじん状の雲）と呼ばれるもので、雲列の西端（紀伊半島）で積乱雲が続々と発生し、それが西風に流されて紀伊半島全域を覆っている。太平洋高気圧から暖湿な

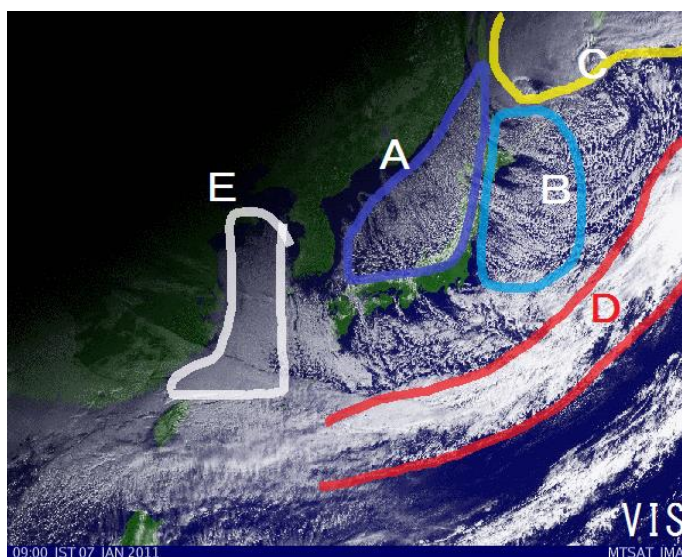
気塊が高気圧の西縁を廻りこんで入ってきて積乱雲群を発達させているのである。テーパリング・クラウドは局地的に集中豪雨や激しい雷雨、突風、竜巻、雹などのシビアウェザーをもたらすので非常に警戒すべき雲のパターンである。

衛星画像の最後は図一5の水蒸気画像である。赤外画像とよく似ているが、赤外画像には無い灰色の領域が日本海とオホーツク海に存在している（赤色楕円）。これは雲は未だ出来ていないが、上空が水蒸気を多く含んでいる場所であることを示している。

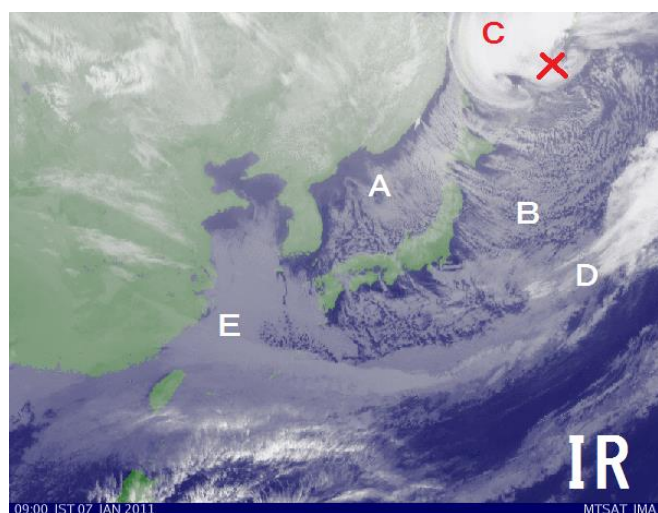
ついでにもう一例を示そう。大陸から真冬の寒気が日本に入ってきて、列島が寒波に震えた時の例である。2010年から2011年の年末年始にかけては寒波が列島を襲い、山陰や北陸で大雪となり、所によっては「記録的大雪」を観測した場所もあった。以下に示した例は、この時の寒波が一段落した後、再び寒波に襲われ、この冬一番の寒気を観測した時の2011年1月7日のものである（衛星画像は天気図から3時間遅れのもの。可視画像=VIS(visual)、赤外画像=IR(infrared)、水蒸気画像=WV(water vapor)）。



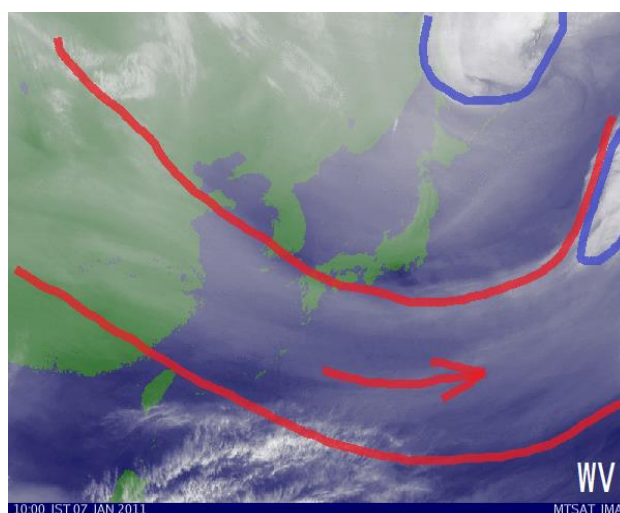
(地上天気図 2011.01.07)



(可視画像)



(赤外画像)



(水蒸気画像)

天気図では典型的な西高東低の気圧配置が顕著で、特に北陸以北では日本海の等圧線が混んでいて、所謂「縦縞模様」となっている（赤丸）。このような等圧線の場合には大陸からの強い寒気が列島に流入している状態を表わしている。この大陸からの寒気は乾燥した非常に寒冷的な気団であるが、これが季節風に乗って日本海を渡って来る際に、気団よりも相対的に暖かい日本海の海面（真冬でも10～14℃）

から熱と水蒸気の供給を受けて相対的に暖湿な気団に変化して（これを気団変質と呼ぶ）積雲が発生、その積雲が列島の脊梁山脈にぶつかって上昇し積乱雲となって日本海側に雪を降らせる。衛星画像でAの筋状の雲がこれである。可視画像（VIS）では筋状が顕著である。赤外画像（IR）でも筋状が認識できるが、色調が灰色であるので「温度が高い所」にできた「背が低い」雲であることが分かる。真冬の日本海の上空には2千メートル辺りに安定な気層があるので、雲はそれ以上の高さに昇れず、従って雲の温度が相対的に高いために灰色に写るのである。因みに積乱雲からは変化の激しい「しゅう雨性」の降雪が降る。

次に黄海から東シナ海にかけて見えるEの雲を見てみよう。可視画像でも、また特に赤外画像ではAの積乱雲に比べて筋状や凸凹が少なくノッペリとしている。これは中層雲であり、降雪はシトシトと降る「一様性」の雪となる。ただし、「しゅう雨性」、「一様性」の区分は必ずしも降雪の多寡を表わしている訳ではないことに注意。このEの中層雲は天気図では緑丸に対応していて、等圧線の混み具合も緩く、また横に寝ているパターンなので、大陸からの季節風が強くないことを示している。この黄海から東シナ海にかけての等圧線が「縦縞模様」になる場合もあり、この時には西日本にも強い寒気が西回りで流入するので、西日本を中心に大雪となる。

次にBの領域。可視、赤外とも筋状が明瞭である。これは大陸からの寒気が本州の脊梁山脈を越えて、太平洋まで出てきたものである。東北北部、九州の東、紀伊半島付近では雲が日本海から太平洋まで繋がっている部分もあり、この部分は日本海の水蒸気をたっぷり含んだ気団が低い脊梁山脈を山越えをして太平洋まで伸びているが、脊梁山脈を越えた寒気団は山越えする前に水蒸気を日本海側に雪として降らせるので、太平洋側に降りて来た時には非常に乾燥した空気となっている（フェーン現象。上州の空っ風など）。即ち、太平洋上にできた雲（筋状の積雲）は、この乾燥した空気が再び改めて暖かい太平洋海面の熱と水蒸気の供給を得て上昇し雲を発生させたものである。

次にC。可視画像はやや滑らかで、赤外でも滑らかな明白色であるので、これは低気圧中心の北側に発生した中・上層雲が主体の雲（上層まで達した厚い乱層雲が主）である。赤外画像で×が低気圧の中心。このような雲からは積乱雲ほど激しくはないが、大雪が長く続くことがあるので注意が必要である。

次にDの部分。これは寒冷前線に沿った雲で、可視画像では凹凸が顕著であり、また赤外画像では明白色であるので、激しい風雪などのシビアな天気をもたらす積乱雲である。

最後に水蒸気画像（WV）について。水蒸気画像は赤外画像と同様に赤外線温度を測っているのであるが、大気中の水蒸気によって吸収されやすい波長帯を使っているので、対流圏中・上層の水蒸気量を測るのに使われるものである。水蒸気量が多い場所ほど白く表現されている。従って水蒸気や乾燥空気の流れなど大気の流れの様子を把握できる。水蒸気画像で赤線の部分が中・上層の水蒸気の流れを示している。

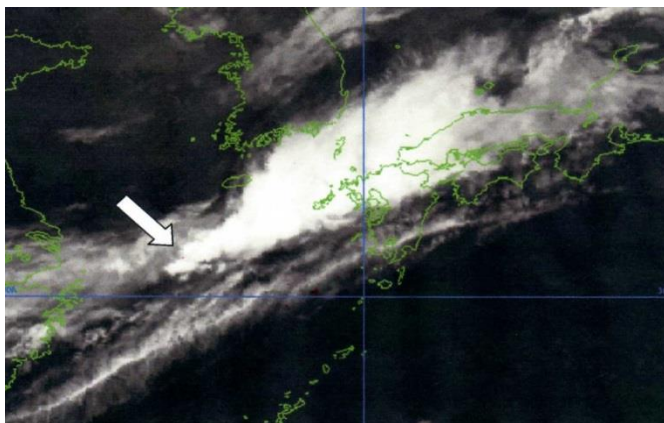
次に、衛星画像を見る際に、気象上注意すべき雲のパターンをいくつか紹介しておく。

（１）テーパーリング・クラウド（赤外画像、次ページ図—6）

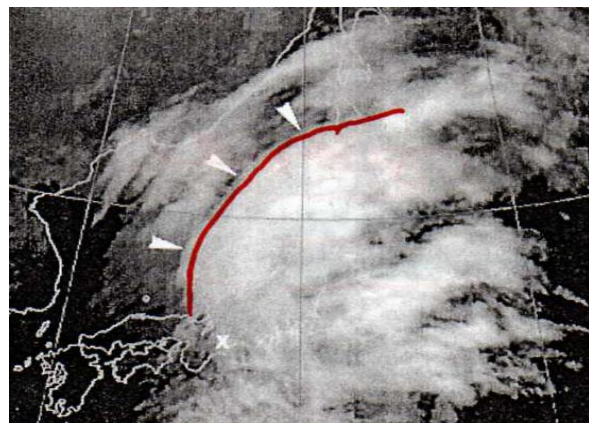
上で述べたようにシビアウェザーをもたらす。図—6は2004年6月の或る日の赤外画像で、梅雨前線に対応した雲バンドが東西に伸びている。特に東シナ海から九州北部に掛けて白く輝く雲が明瞭に見られる。雲の西端（矢印）をテーパーリング・クラウドと呼び、この付近ではシビアな気象が発生する。この画像の折には佐賀県で竜巻が発生し、住宅300棟以上が倒壊するなどの被害が発生した。この時の竜巻の風速は最大で50～69m/sと推測されている。

（２）バルジ

バルジというのは停滞前線などの長い雲のバンドが北に膨らんだ場所や低気圧の前面で巻雲が高気圧性の曲率で北に膨らんでいる場所。低気圧が発達中であること示唆しているので、注意が必要である（赤外画像、次ページ図—7赤線部分）。



(図—6 テーパーリングクラウド 赤外画像)

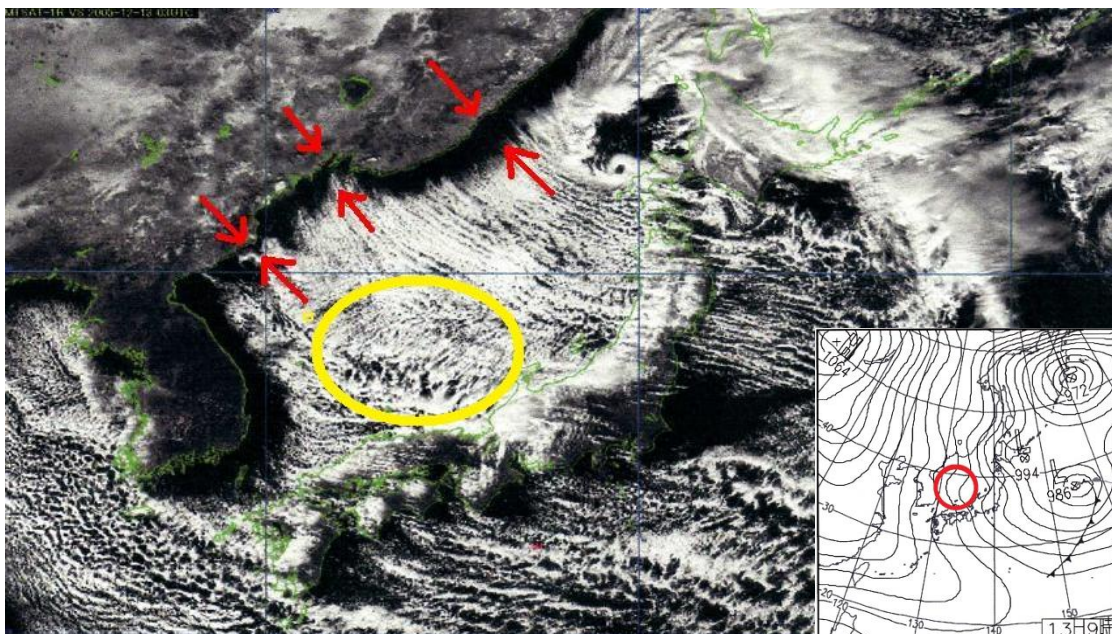


(図—7 パルジ 赤外画像)

(3) 筋状雲

お馴染みになった冬の筋状雲である。西高東低の気圧配置により、大陸からの強い寒気の吹き出しが日本海側に大雪をもたらす。図—8 (2005 年 12 月 13 日)では、北は北海道の西から南は黄海まで筋状の雲（強い寒気流入と暴風雪のサイン）が大陸の海岸付近までビッシリと覆っている。この筋状雲は、大陸からの乾燥した寒気が日本海を渡って来る際に、海上から水蒸気と熱の供給を受けて気団変質し、筋状雲を発生させたものである。この画像で筋状雲と大陸との離岸距離が非常に狭いこと（矢印間の間隔）は、大陸からの寒気が非常に強いことを表している。事実この日には、北陸地方では平野部でも 50 cm / 日、福井県九頭竜では 69cm/日、新潟県津南町で 80 cm/日の降雪を記録した。この時の 2005 年 12 月から翌年 2006 年 1 月にかけては北陸地方は記録的な大雪に見舞われ、世に「平成 18 年豪雪」と呼ばれている時の可視画像である。雪おろしなどの事故で死者 152 名、負傷者 2,145 名を数え、住家全壊 18 棟、半壊 28 棟、一部損壊 4,667 棟などの被害をもたらした。なお、太平洋上にも筋状雲が見えるが、これは日本海から列島の脊梁山脈を越えて流れ出した乾燥寒気（フェーン現象によって乾燥）が、再び太平洋上で水蒸気と熱の供給を受けて気団変質してできた筋状雲である。

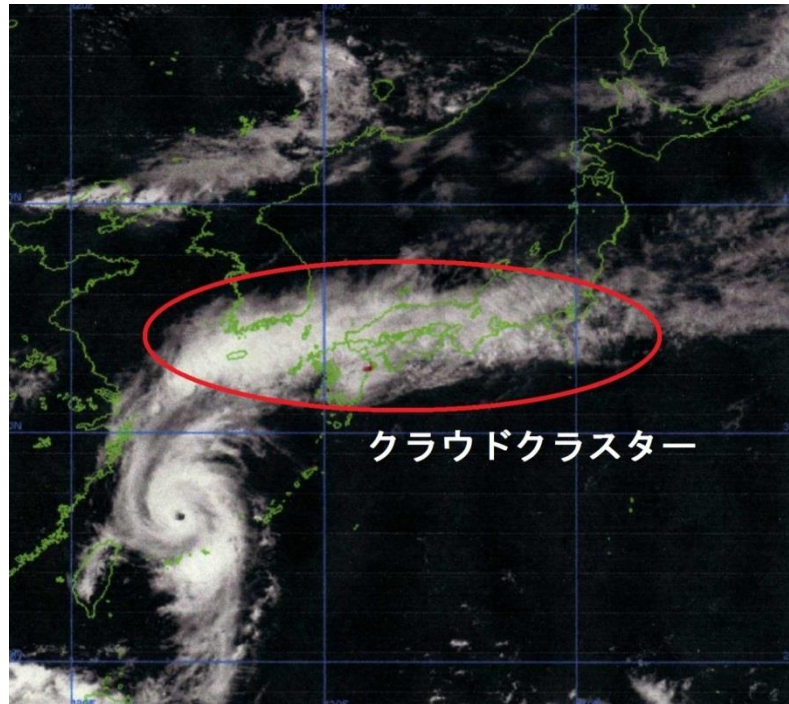
また、黄色楕円内の雲の方向は季節風の風向と直角になっており、これは同じ寒気場にできた対流雲ではあるが、「筋状雲」とは呼ばず「带状対流雲」と呼び、季節風が弱まっている領域にできる。天気図でも、赤色円内のこの領域の等圧線は袋状になっていてこの領域では季節風が弱まっている。この雲は里雪型の降雪をもたらす。また、別稿『山の天気の落とし穴と遭難事例』の「(4) 冬の日本海の小さな悪魔・ポーラーロー」でも書いたように、このような状態の折には、等圧線が西側に袋状に張り出した付近の日本海に小さいが非常に凶暴な「ポーラーロー」ができ易いので注意が必要である。（「带状対流雲」は、「筋状対流雲」の方向が季節風の方と一致し、また降雪が山雪型となっているのと比べて対照的である）。



(図—8
真冬の筋状雲
と带状対流雲
2005. 12. 13
可視画像)

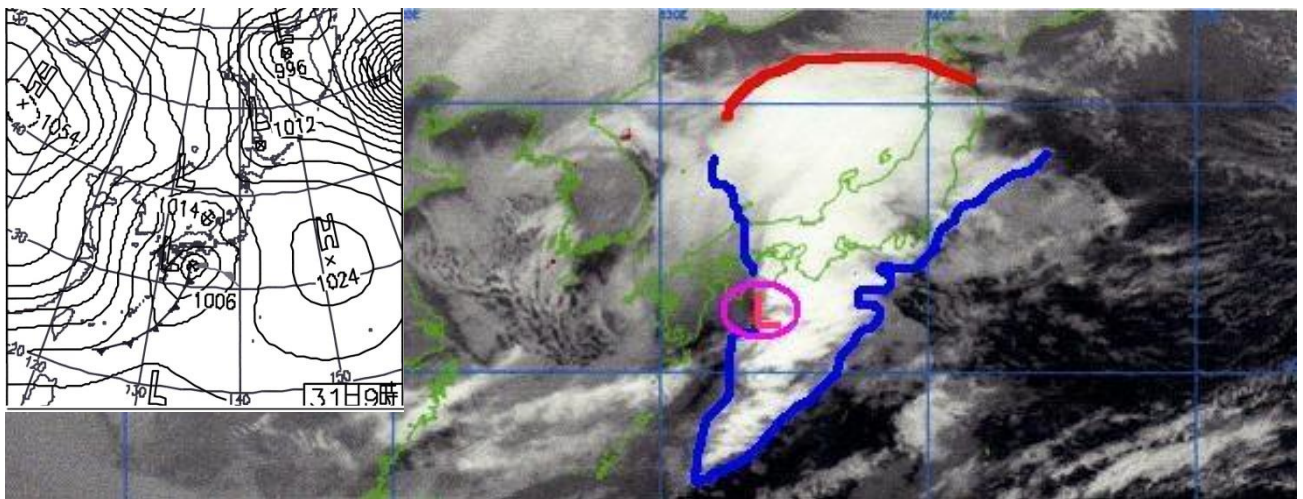
(4) クラウド・クラスター（梅雨時の対流性積乱雲群）

図－9はある年の6月の可視画像である。東シナ海北部から本州上に梅雨前線に対応する雲域が東西に伸びている。本州以南・南西諸島以东の太平洋（太平洋高気圧の領域）、及び黄海から日本海には雲は殆ど無い。台湾の北東に見える渦巻きは台風による雲である。東シナ海北部から本州上を覆っている白い雲のバンドがクラウド・クラスターであり、大雨をもたらす。暖湿な気塊が、太平洋高気圧の西縁からと台風によって梅雨前線に送り込まれているので、このクラウド・クラスターは益々発達する。この画像の時には九州で大雨が降り続き、九州南部では400ミリを越える大雨となった。この時の大雨は、台風が梅雨前線を刺激した結果できたクラウド・クラスターによるものである。



（図－9 梅雨時のクラウド・クラスター 可視画像）

(5) 南岸低気圧によるクラウド・クラスター



（図－10 南岸低気圧によるクラウド・クラスター 赤外画像）

上の画像は2004年の大晦日に北陸地方や関東地方を中心に大雪が降った時の赤外画像である。都心での大晦日の降雪は21年ぶりであった。左上の天気図と見比べてみると、前線に対応する白色の厚い雲域が沖縄の東から近畿・東日本を覆っており（青線で囲んだ領域）、日本海に延びた先端は北側に丸く膨らんでいて（2）で述べたバルジ（赤線）を形成しているので、四国沖の低気圧（ピンク①印

が大きく発達中であることを示唆している。

また、ここでは水蒸気画像は出していないが、上の水蒸気画像の項で述べた「暗域」が黄海から九州南端を通して四国沖（Lのすぐ後面）まで入ってきているので、その東側に当たる近畿から東日本にかけて広くて厚い積乱雲群が発達している訳である。

地上に住んでいる我々は上空に広がった広い範囲の雲を見るチャンスがない。また、いつも下から見上げているだけ（雲底を見ているだけ）なので、雲頂がどのような姿をしているのかを見る機会も少ない。たまに飛行機から見下ろしたり、高い山の頂上に登った時に見るくらいのものである。この点、衛星画像は多くの情報を提供してくれる。TVの天気予報に現れる衛星画像は普通は可視画像であるが、上で見たように衛星画像には赤外画像や水蒸気画像もあり、それぞれ雲の詳細な情報をもたらしてくれる。「雪は空からの手紙である」と言われるが、雲は、更に高くて広い上空からの便りであろう。

その便りを見ながら上空のあれこれを想像するのも楽しいことではなかろうか。悠久の浪漫に浸るという楽しみでもあるが、現実の天気を占う上でもおおいに参考になろう。この項の冒頭でも触れたが、毎朝起きた時に上の衛星画像3種と地上・高層の天気図を重ね合わせ、また周囲の天気を観察しながら眺めていると、天気推移が大体予測できるようになってくる。

※本稿の天気図は気象庁HP「天気図」、「日々の天気図」から引用、加筆は筆者。

衛星画像は、図一6，8，9，10は気象衛星センター編「衛星画像事例集」（気象庁ホームページ掲載）、その他は気象庁「衛星画像」から引用、加筆は筆者。

※気象衛星画像は気象庁ホームページに掲載されており、10分毎の画像が、直近24時間分閲覧できる。

動画については直近12時間のみ。

※気象衛星画像に興味を持たれた方は、「気象衛星画像の見方と利用」（気象業務支援センター発行）参照。

※衛星画像のコラムを以下に掲げておくのでご覧下さい。

【コラム】チョット不思議な雲の流れ なぜ？(乱気流)

澄んだ秋の空に浮かぶ「巻雲」は美しい雲である。刷毛で刷いたような繊維状の雲が絹のような光沢を示すので、「絹雲」とも言われている。前線が接近して来た時に（といっても、前線は未だはるか3000kmくらい西側にあるのであるが）最初に現れる雲である。大概是上空1万mくらいに浮かんでいる。秋のみならず他の季節にも見られる。



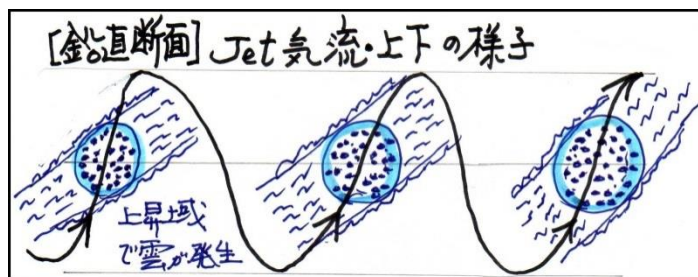
こういう雲が出た時によく観察すると、雲の筋の方向と風の方向が同じ方向ではなく、直角になっている場合がある（上右側の写真）。普通感覚でいえば、雲筋の方向と雲が流れる方向は同じと考えたくなるが、これが直交しているのである。チョット不思議な感覚。これは気象の方では「トランスバースライン」と言われているもので、上層大気の擾乱を示す重要な指標となっている雲である（トランスバース＝交差、直交）。既に半世紀近く前のことになるが、BOAC コメット機が富士山に墜落、乗員乗客124名全員死亡という航空機事故が発生した。この時は、その1ヶ月前に札幌雪祭りからの帰りの客を乗せた

全日空ボーイング 727 機が着陸直前の東京湾に墜落 133 人全員死亡、BOAC 機事故の前日には CPA・DC-8 機が羽田に着陸失敗炎上 64 人死亡という悪夢のような空の連続事故が発生したので、ご記憶の方も多いと思う。

実は、BOAC 機は富士山上空で激しい乱気流に遭遇、機体が破壊されてバラバラになって富士山麓に墜落したのである。当時の富士山は快晴であった。このような乱気流を「晴天乱流」(CAT=Clear Air Turbulence)と呼ぶが、実はこの犯人が上の美しい絹雲を発生させていた「トランスバースライン」だったのである。今でも航空関係者には恐れられている雲であるが、現在では観測技術や予知技術が発達しているので、どうぞ安心して乗って下さい。晴天乱流など上空の悪天予想図は項末に例示。

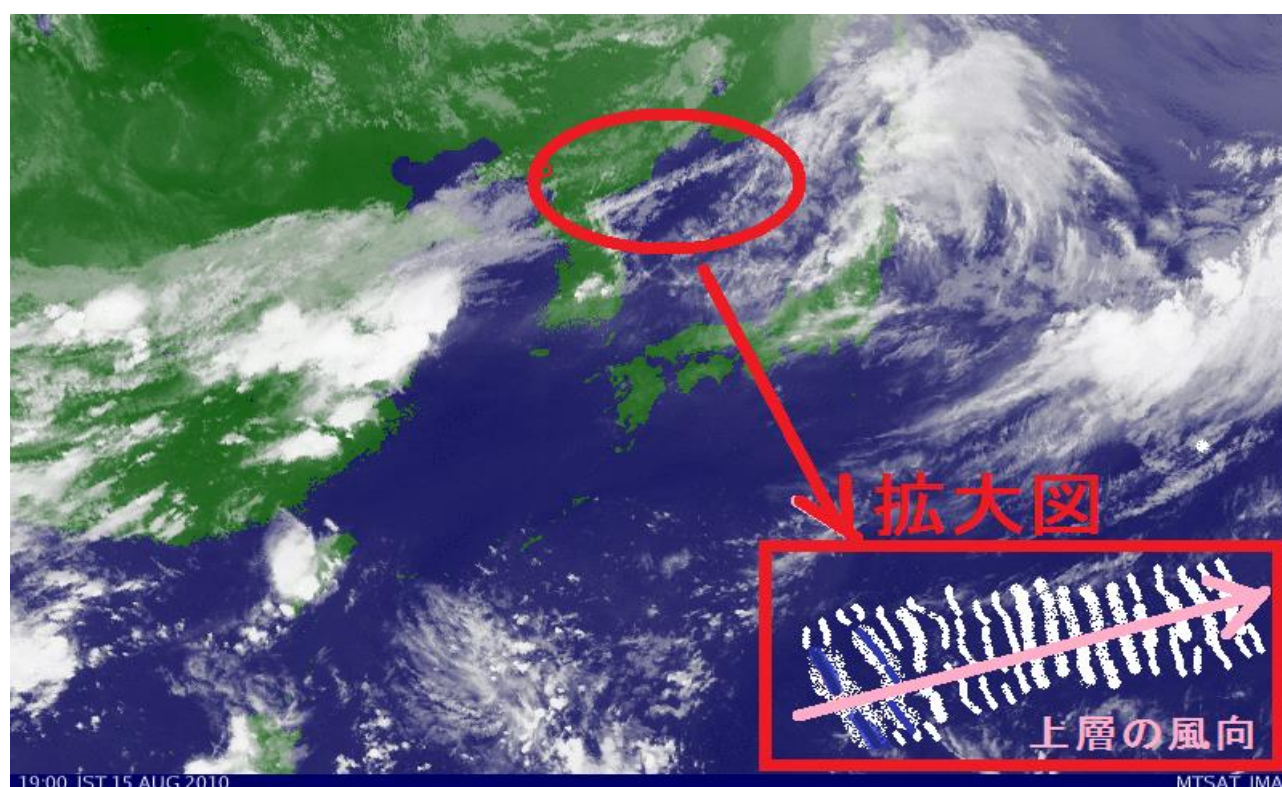
さて、ではこのような雲がなぜできるのか？ 上空の偏西風はいつも西から東に向かって吹いており、この偏西風が一番強くなっている部分をジェット気流というが、ジェット気流は大体は上空約 9 ～

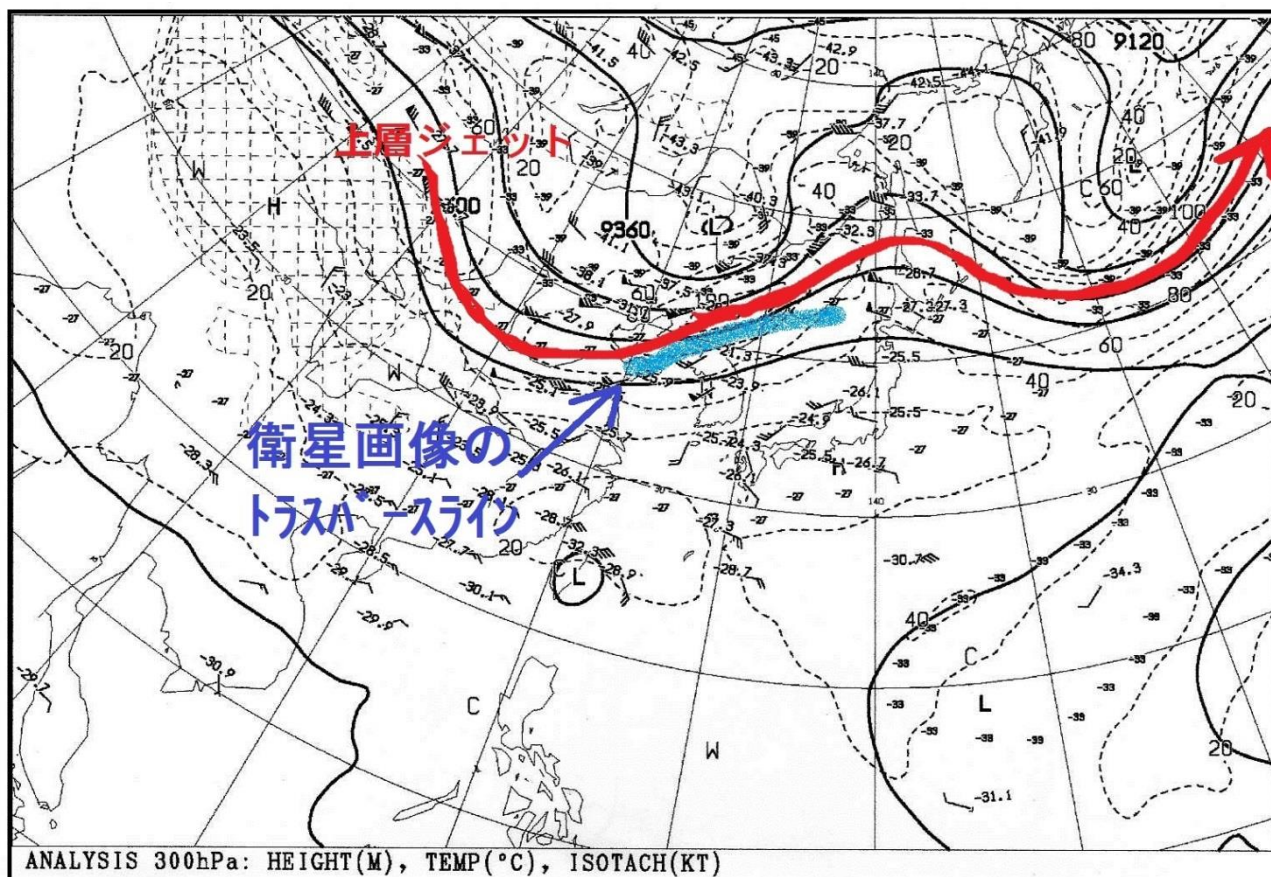
10km 辺りを流れている。季節や気圧配置によってジェット気流が流れる位置は一様ではないが、日本付近や日本海、大陸の沿岸部などを通っていることが多い。偏西風の蛇行が日本の気象変化に大きな影響を与えていることは、本稿の「【3】ゴールデンウィークの二つ玉低気圧」の項でも触れたのでご参照頂くとして、実はこのジェット気流の流れは水平方向の蛇行だけではなく、鉛直方向にも蛇行しているのである(右図)。上下の蛇行で、上昇流の所に雲が発生するが、これがトランスバースラインで、ジェット気流と直交した波状の雲列が多数できる。



トランスバースラインの雲は、ジェット気流の流れと直角な方向にできた短い雲の列がジェット気流が流れる方向に沢山並ぶので、写真では前ページの右端画像のように見える。ジェット気流の鉛直方向の上下運動の波動は波長が短いので、雲列の間隔は狭い(イワシ雲の如き)。

トランスバースラインのできる位置はジェット気流のすぐ南側である。下の衛星画像(赤外)は 2010. 08. 15 のお盆の雲の様子であるが、赤楕円で囲んだ南西から北東に延びる直線の雲の列がトランスバースラインである。よく見ると、南北に並んだ短い雲の筋が総体として東西に延びていることが読み取れる。同時刻の 300hPa 天気図を次頁に示す。ジェット気流の位置を赤線で、トランスバースラインを青線で加筆した。トランスバースラインがジェット軸のすぐ南に発生していることが明瞭に分かる。

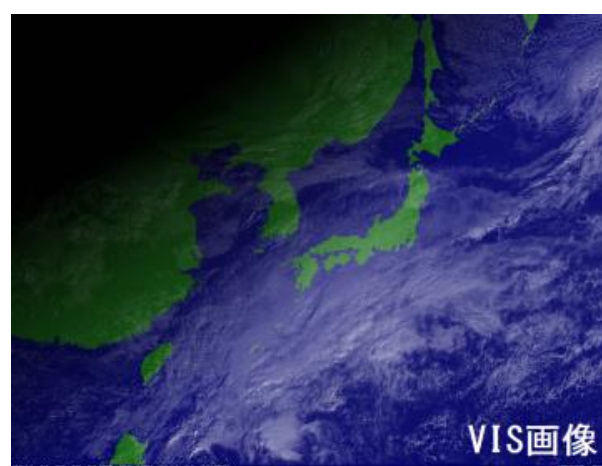
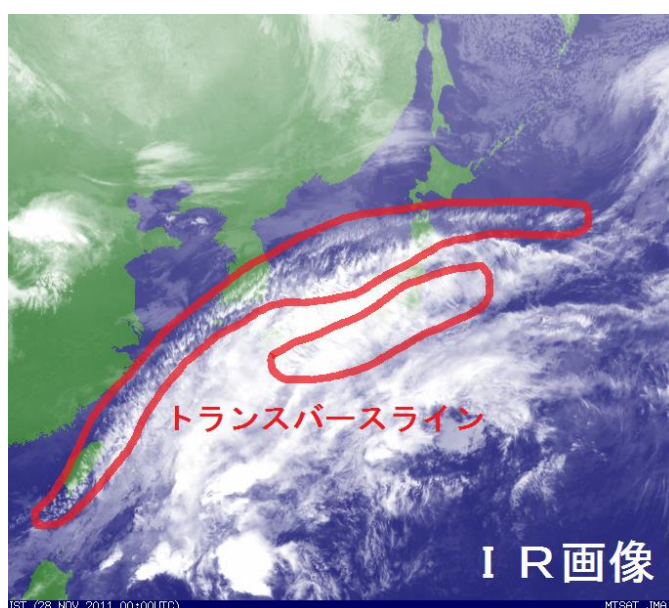




ヒマラヤなどの高山に登る時は、このような雲が上空に出ていたら、山頂付近は晴れてはいるが、猛烈な強風が吹いていると判断してよい。このような高山では、ジェット気流に加えて山岳波の影響が加わるので一層の強風となっている。

トランスバースライン 追記 (2011. 11. 28 追記)

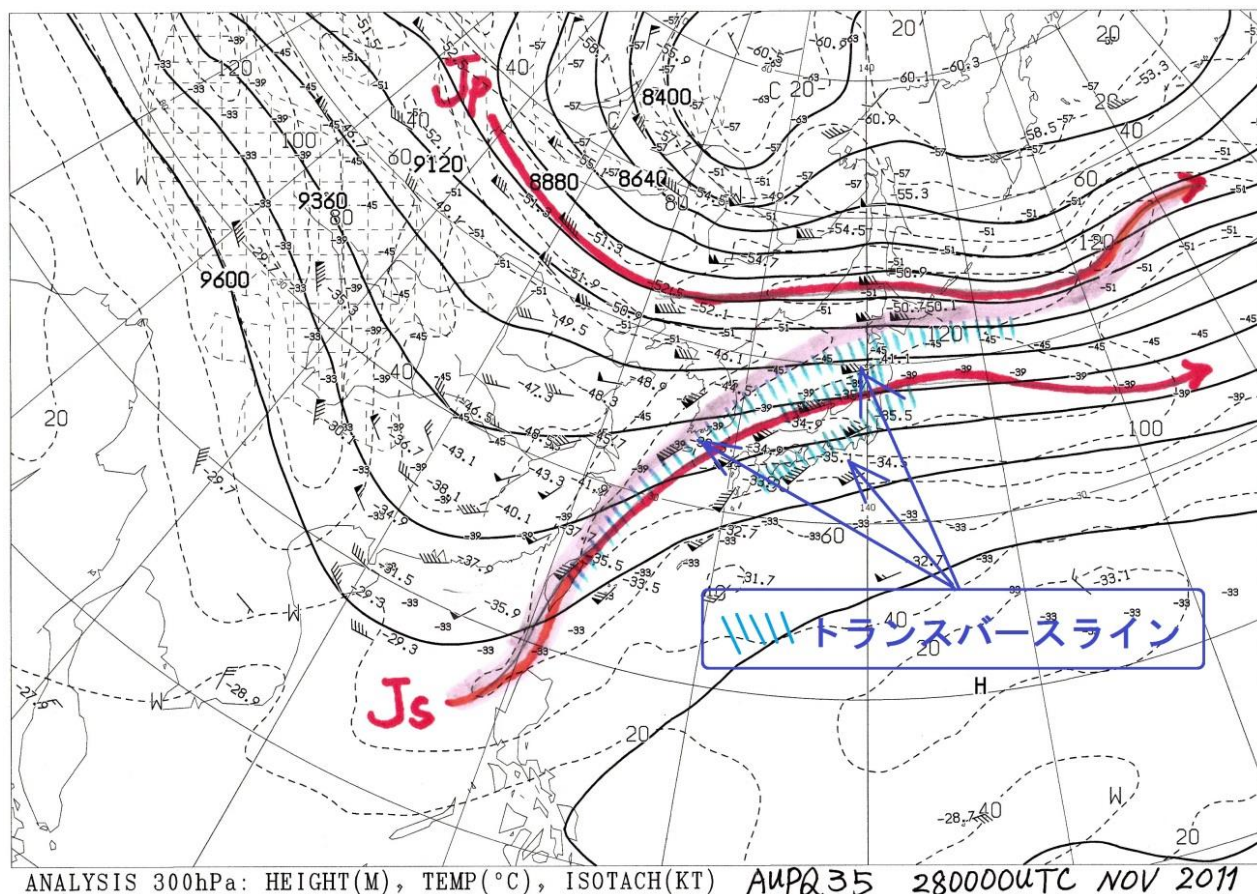
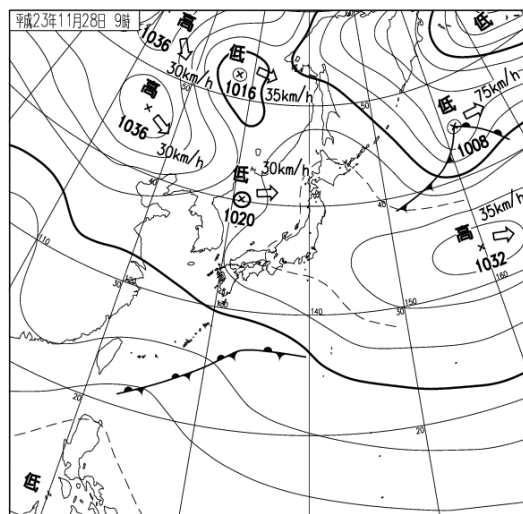
前ページの衛星画像ではトランスバースラインが多少見にくかったかもしれない。顕著な例が見つかったので再度掲げる。下の衛星画像(左：赤外 IR、右：可視 VIS)は2011. 11. 28 のものである。



赤外で台湾から朝鮮半島南端、日本海を通り、青森から太平洋上まで伸びている大きな円弧がトランスバースラインであり、また、良く見ると本州上空にもトランスバースラインが掛かっている(赤枠内)。

この時の風向はトランスバースラインが発生している高度約 1 万^{ft}付近では南西ないし西であり(次頁 300hPa 高層天気図の風向参照)、他方赤外面像の赤枠内の雲の「筋」は北西から南東(又は南北)方向になっていて風向と直交していることが分かる。即ちトランスバースラインである。赤外面像では東北地方南部以南は真白く写っているので、高度が高い所にできた雲であることが読み取れ、可視画像(VIS)では東北地方北部を除いては薄い灰色に写っているので、雲厚は薄いことが分かる。この時の地上の天気は北海道では晴れ、それ以外の日本付近では薄曇りであったが無風で降水は無かった。参考までに右に同時刻の地上天気図を掲げる。日本海に低気圧があるが、日本付近は太平洋にある高気圧にほぼ覆われていて悪天ではない。しかし、上空ではトランスバースラインによる乱気流が日本全国を覆っていた訳である。

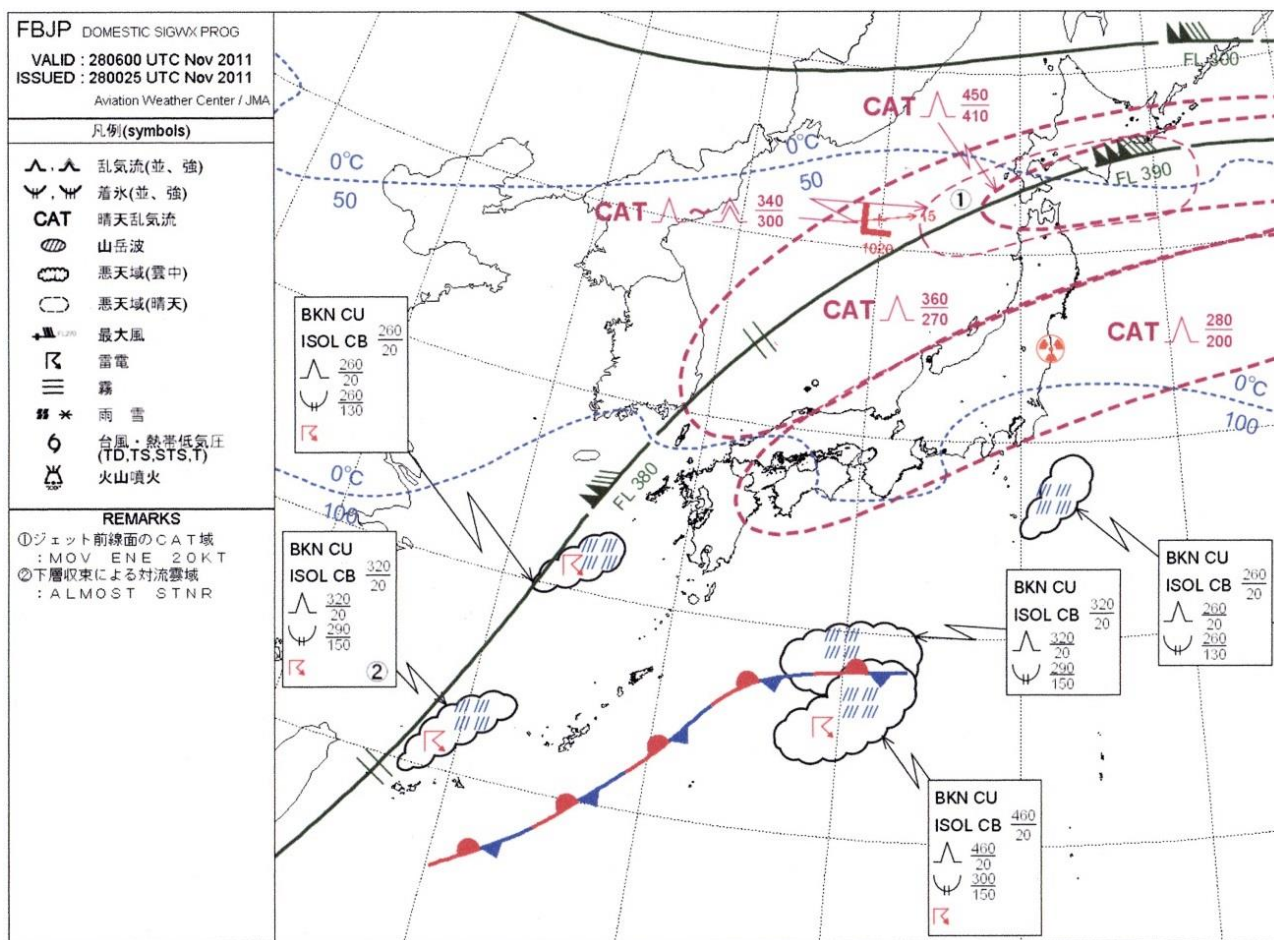
次に、同時刻の 300hPa 高層天気図(約 1 万^{ft}上空)を見よう。本項冒頭で、乱気流を発生させるトランスバースラインはジェット気流のすぐ南側に発生すると書いた。下の 300hPa 高層天気図にジェット気流の位置を赤実線で付記した。日本付近のジェット気流には 2 本あって、南側にあるものを亜熱帯ジェット気流(Js=Subtropical Jetstream)、北側にあるものを寒帯前線ジェット気流(Polar Front Jetstream)と呼ぶ。



極東では通常は Js は日本南岸付近に、Jp は満州からロシア付近を蛇行して流れているが、この時には両者が日本付近で接近していた。ジェット気流は偏西風の強軸帯であり、このような時には偏西風の中心(強軸帯)は西側(南側)では Js に沿っているが、東側(北側)に移るにつれて Jp 側に遷移して Jp に沿うようになる(ピンクで付記した線)。トランスバースラインはこの偏西風強軸帯のすぐ南側に発生している(青線縦縞で付記した部分)。赤外面像で三陸沖から本州をって九州東部までに散見さ

れるトランスバースラインには Js によるものが重なっているであろう。この時の日本付近の偏西風は北海道上空で 120 ノット(秒速 60m)、本州上空でも 100 ノット (同 50m) と「猛烈な」な台風並み以上の風速であった (300hPa 天気図では、破線の等値線が等風速線であり、風速がノット単位で記載されている)。

若干時刻がずれるが(上の各天気図から 6 時間後)、この時の日本付近の「悪天予想図」を以下に掲げておく。これは次項で説明するが、航空機運航のための航空気象情報の一種である。詳細は次項をお読みいただくとして、図で赤破線の“CAT” (Clear Air Turbulence)と記入されているのが「乱気流域」であって、ほぼ上記のトランスバースラインと同じ位置に示されている。このことから、ジェット気流の付近は強い乱気流が発生していることがご理解頂けよう。因みに、航空機の運航にとって乱気流は最も注意すべき気象現象の一つである。なお、下の悪天予想図で緑色の太い実線で示されている 2 本のラインがジェット気流の位置を表わしているが、この予想図は上の実況高層天気図から 6 時間後の予想であること、また実況の 6 時間前に作成された予想図であることなどから、実況と多少の差異が生じていることを付記しておく。



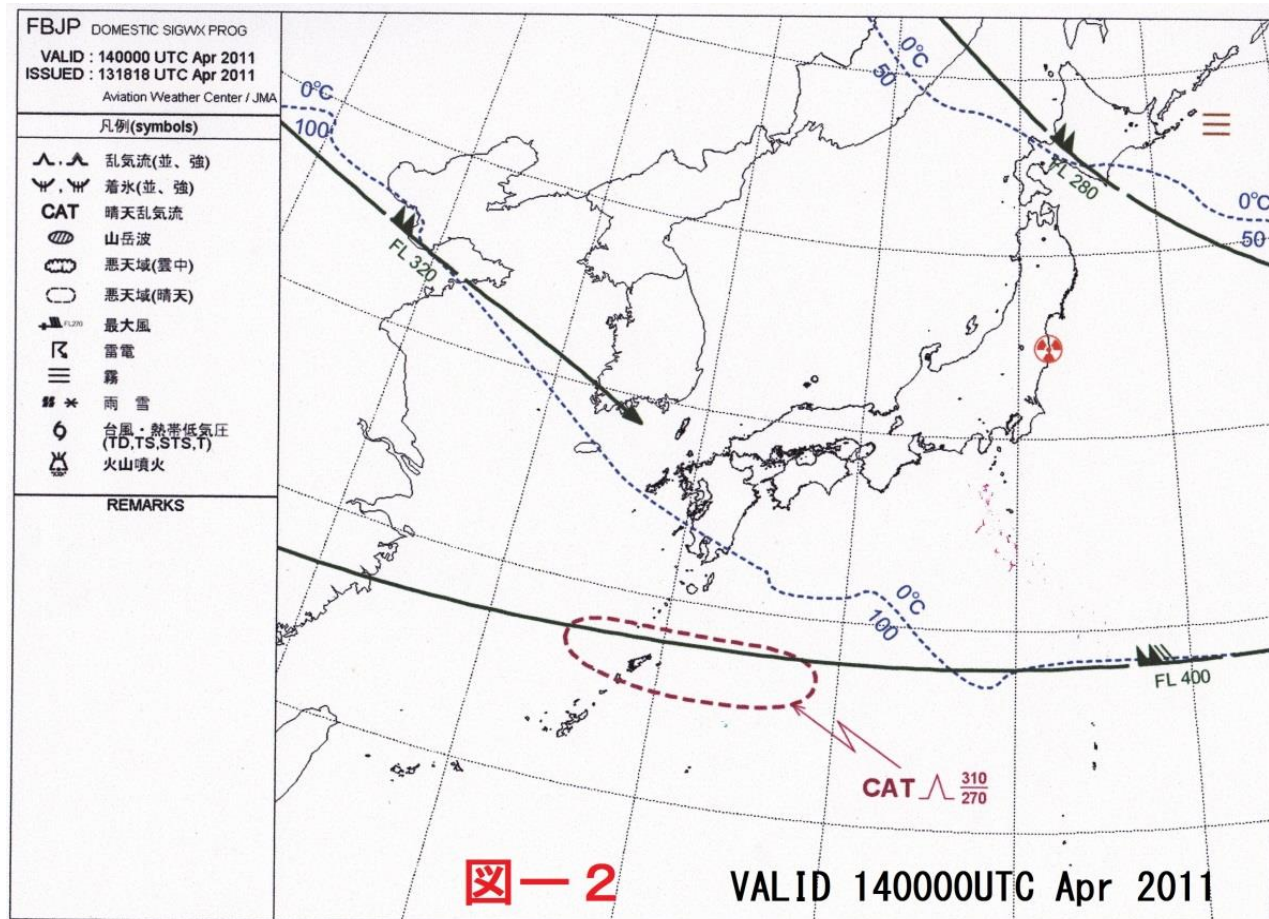
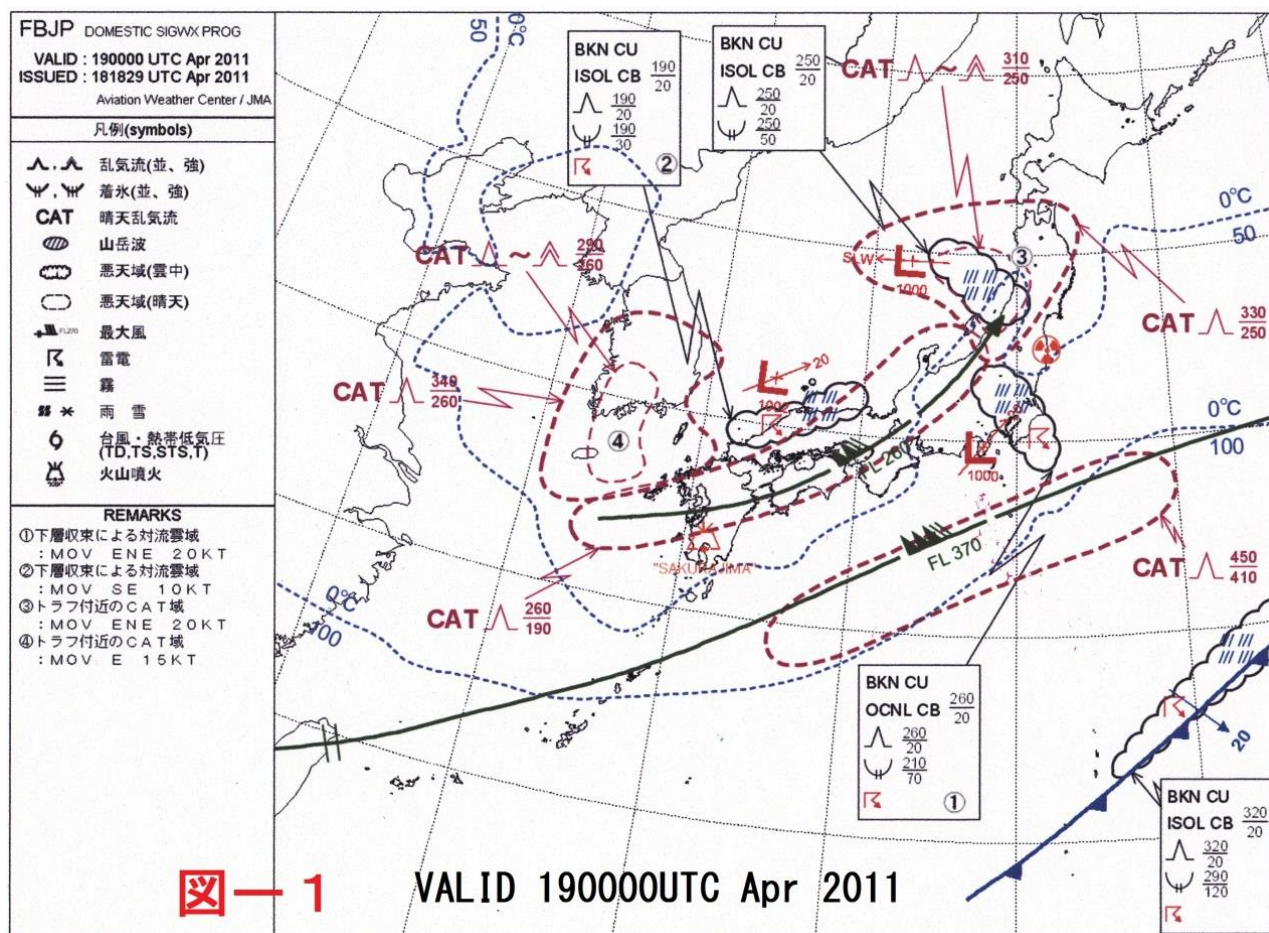
(補足) 晴天乱流 (CAT) などの悪天予想図の例

次頁の図 2 枚は、上で出したトランスバースラインの例とはそれぞれ別の日のものであるが航空機の運航などで使用される「国内悪天予想図」と言われるもので、晴天乱流 (CAT)、悪天域、着氷域、高層の風などの情報が表示されている。普通は減多にお目に掛かれない予想図である。これらの「国内悪天予想図は」気象庁 HP の「航空気象情報」のページに掲載されているので、誰でも閲覧できる。気象庁のトップページから入る場合には、「各種データ・資料」から入ればよい。

さて、上側の図 (図一 1) は情報量が多くてチョットややこしいので、以下、CAT だけが 1 ケ所表示

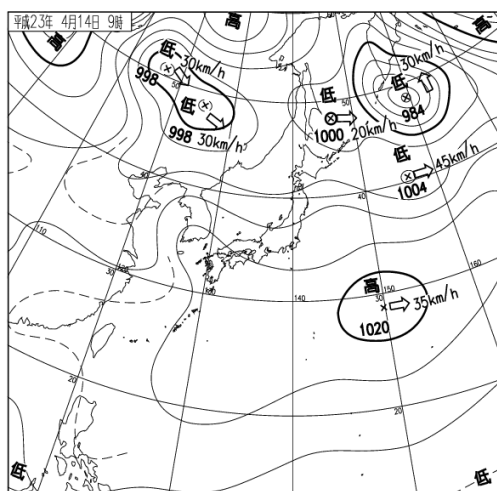
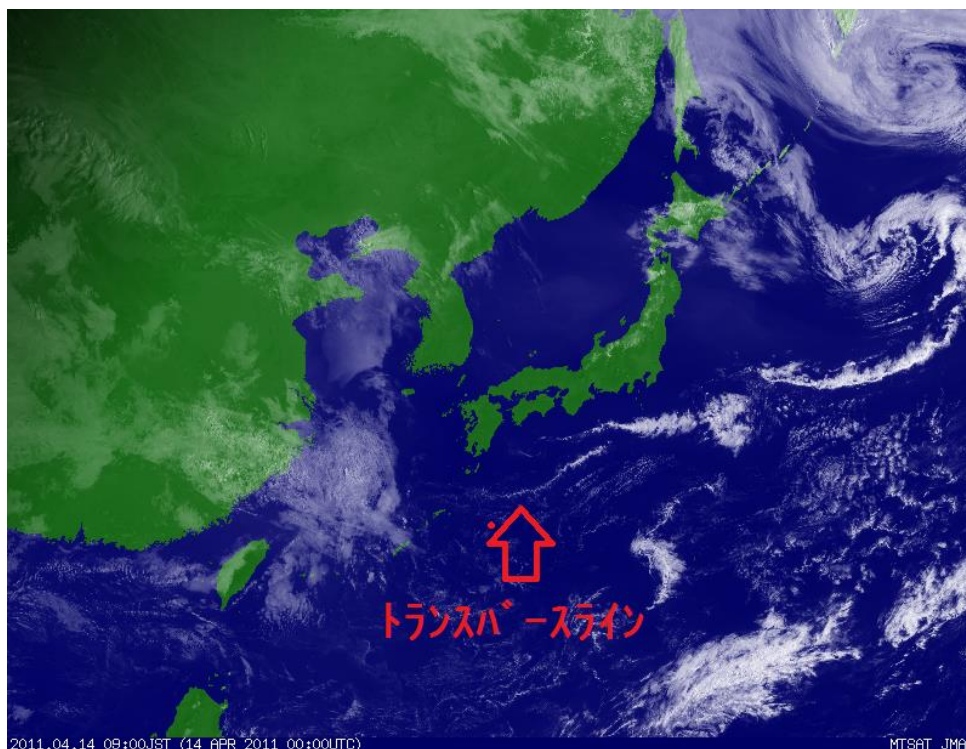
されている別の日の下図（図一2、2011. 04. 14. 09 日本時）で説明したい。

なお、この気象情報の有効時刻（左上の囲みの中に記載されている“VALID”）であるが、前述したようにここに記載されている時刻は協定世界時 UTC であるので、日本時は UTC+9 時間となることに注意。

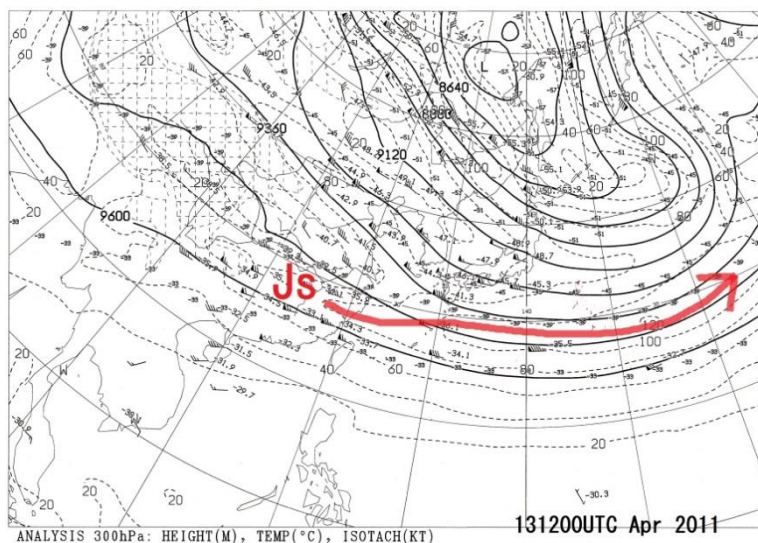


赤の破線で囲まれた領域が CAT の予想範囲であり、図一 2 では CAT が奄美大島付近の東西にバンド状に予想されている。同時刻の衛星画像（可視画像）及び地上天気図、300hPa 高層天気図を下に示す。

（衛星画像に現れている実際のトランスバース・ラインの位置と、上の悪天予想図でのそれに若干の相違があるが、これは悪天予想時点での予想と実地との相違である）



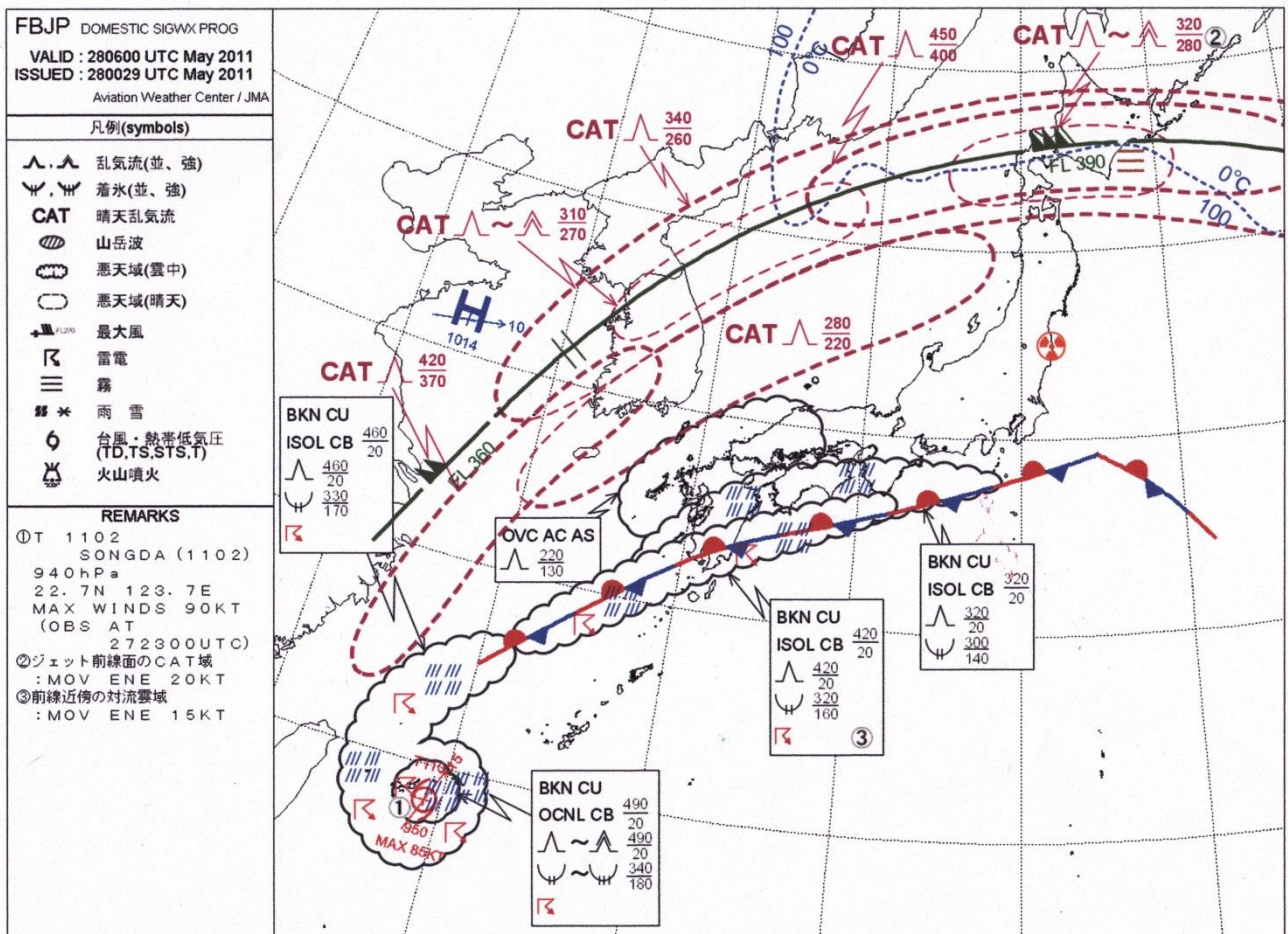
（同時刻の地上天気図）



（300hPa 高層天気図）

同時刻の地上天気図（上左）、衛星画像（可視）を見ると、日本付近は広く移動性高気圧に覆われ、雲の無い晴天域となっている。このような晴天下でも、上で述べたように上空にジェット気流が吹いている場所では、そのすぐ南側にトランスバースラインが出現し、乱気流の存在を示唆している訳である。衛星画像で赤矢印で示した細い雲の列が見えるが、これがトランスバース・ラインであり、ほぼ同時刻の 300hPa 高層天気図（上右）では、このトランスバース・ラインのすぐ北側にジェット気流（亜熱帯ジェット、Js）が流れているのが分かる（赤線矢印で筆者加筆）。

上の悪天予想図一 2 で、緑色の太い実線で記載されているラインが強風軸であり、“CAT” 表示の空域の直ぐ北側のそれ (FL400 と記載されているライン) が 300hPa 天気図に現れているこのジェット気流 Js であり、両者の位置が一致している。悪天予想図一 2 には、このジェット気流以外にも山東半島の青島から朝鮮半島南端の木浦へ抜けているライン (FL320)、並びに北海道の南部を横切っているライン



この種の予想図は地上から航空機が飛行する上空 45,000ft(フット)(約 13,500m) までの擾乱(悪天)要素予想を表わしたものである。

まず、全体的な気圧配置について。1014hPa の移動性高気圧(H)が、中国・山東半島の南にあって、東北東に 10 ノット(20km/h)で進んでいる。低気圧は解析されていないが、次に述べる前線の折れ曲がり部分(房総沖)に卵ができていと推測される。次に地上前線(赤・青実線、半丸、半▼印)に注目願いたい。鹿児島付近から房総沖まで本州南岸に停滞前線が停滞している。この前線は 3~4 日前までは本州の遥か南に停滞していたものが本州南岸まで北上してきたもので、このため関東以西は梅雨入りとなった。この前線に沿って東西に伸びる雲マーク(「雲中悪天域」、波型線)、及び雲マークの中には雨マーク(青斜線)が記入されていて、ここは雲中飛行となる。“R”に矢印が付いた赤印は雷電を示している(航空機の中は避雷されているので、ご安心を)。日本海以北は概ね晴れてはいるが、晴天乱流域となっている。

次に、四角で囲まれたハコの中の記号を見てみよう。まず、鹿児島から紀伊半島までに掛かっている雲マークの③の枠内。図の左枠外の REMARKS(注記)にも記入されているように、これは前線近傍の「対流雲域」であり、「対流」雲(積乱雲)であるから、「層雲」と違って荒れ方が激しい。降水は雷雨である。英字の略号は後で説明するが、一重線の「山型」マーク **▲** は「並み」の強さの「乱気流」を示し、マークの右に上下 2 段に記された数字は 100ft 単位の上限・下限高度で、この場合は上空 42,000ft(12,600m)から下限 2,000ft(600m)まで「並みの強さの」乱気流が予想されていることを表わしている。

“オッパイ”マークは着氷が予想されることを示す。この場合のマーク右側の数字も乱気流の時と同じく着氷の上限・下限高度(100ft 単位)を表わしている。即ち、上空 16,000ft(4,800m)から 32,000ft(9,600m)までは航空機に着氷するので、アンチ・アイス装置を on にせよとの情報である。ご承知のとおり、航空機の翼やフラップ、昇降舵、方向舵などに着氷があると、翼表面の気流が乱れたり舵が故障したりして安全飛行ができなくなる。

次に、枠内の略号について。英字の略号は雲の状態を表わしている。詳細は割愛するが、“BKN CU”は「隙間がある積雲、broken cumulus」、「ISOL CB」とは「孤立した積乱雲、isolated cumulonimbus」を表わす。ISOL CB の右に記された二段書きの数字はその雲の雲頂／雲底高度である。即ち乱気流の発生高度と同じ高度の上空 42,000ft(12,600m)から下限 2,000ft(600m)まで積乱雲が発生している。

以上を纏めると、この日時に羽田から鹿児島に飛行する時には、羽田を離陸すると大島を過ぎた辺りから乱気流帯に入り、途中時々晴れ間はあるものの、鹿児島に着陸するまで飛行機は揺れてシートベルト着用サインが消えることはない。機外では時々雷光も見えるという雲中飛行になるが、乱気流は並みの強さであるから、エアポケットに落ち込んだような激しい揺れは無いであろう。

次に今度は、羽田から札幌に飛んでみよう。青森上空までは晴天下の平穏な飛行が続き、シートベルト着用サインも消えてお茶なども配られるが、陸奥湾上空に入った途端に機は揺れ始める。緑の実線は上空のジェット気流(偏西風の最大風速部分)の位置を示しているが、この線上の札幌付近に記入された矢羽根の記号は、三角印の旗矢羽根が風速 50 ノット(25m/s)、矢羽根が同 10 ノット(5m/s)を表わしているので、この北海道上空のジェット気流は風速 160 ノット(80m/s)という非常に強いジェット気流であることが分かる。晴天乱流(CAT=Clear Air Turbulence)は上空のジェット気流付近に出現すること、風速が速いほど乱流が強いことは上でも述べたが、従ってこの例でも非常に強いジェット気流が通っている華南~朝鮮半島~北海道の線上には晴天乱流(CAT)の記号が至る所に記入されている訳である。華南では 100 ノットであるが、東に行くほど風速が大きくなって、札幌付近では上述の最大値 160 ノットとなっている。矢羽根は最大の風速が出る位置に記入される決まりとなっている。また、“FL 390”とはフライトレベル(高度)39,000ftの略号で、北海道上空ではジェット気流は上空 39,000ft(11,700m)を流れていることを表わす。晴天乱流予想区域は赤破線で囲まれて示されており、

“CAT”の略号と乱気流の記号（山型マーク Δ ）が記入されている。まず北海道付近を覆っている一番外側の囲みの黄海から朝鮮半島を通り北海道に抜けている赤色破線には一重線 $\Delta 340/260$ が、その一つ内側のウラジオストク沖から東に伸びて北海道の函館から留萌までを覆っている破線域には $\Delta 450/400$ が、更に一番内側の囲いには一重線から二重線の $\Delta 320/280$ が記入されている（図で②）。二重線の Δ は「強い」乱気流を示す。付記された数字の分母・分子は、晴天乱流の下限・上限高度を 100ft 単位で表記していることは上述の乱気流と同じである。

従って、陸奥湾に近づいた飛行機は、青森上空でまず一番外側の CAT 域に突入するが、ここは未だ「並み」の強さの晴天乱流であるからガタガタと揺れる程度であろう。その先、渡島半島に差し掛かった辺りから急に揺れが大きくなり（②の範囲）、CAT の高度の下限が 28,000ft (8,400m) であることから、札幌空港に進入を開始する頃には CAT 域の下に降下しているので、揺れは止むと予想される。

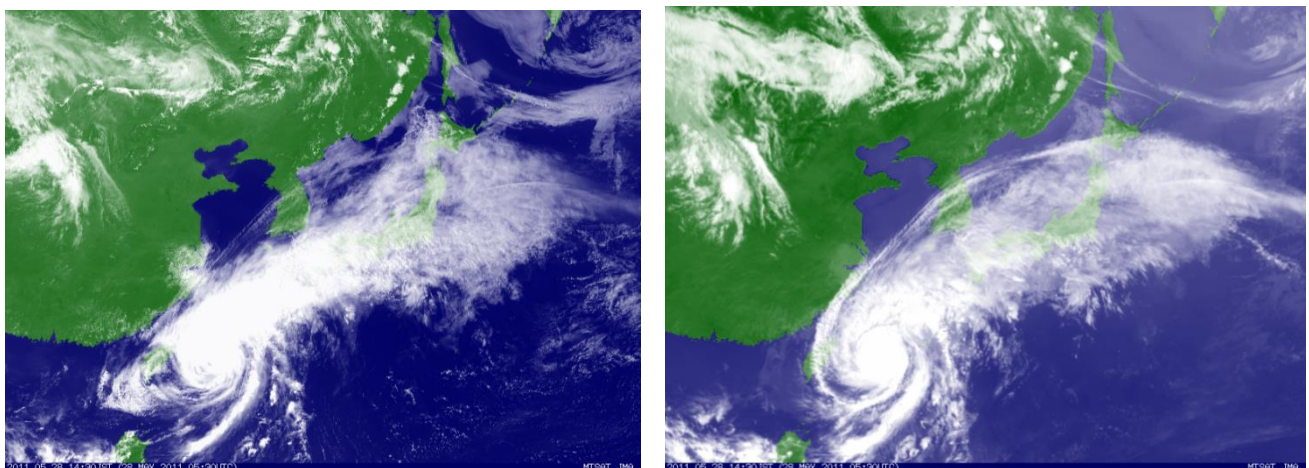
それでは、もうひとつ、今度は福岡に飛んでみよう。九州北部～岡山辺りにも閉じた雲マークがあり、“OVC AC AS $\Delta 220/130$ ”と記入されている。英字の略号は「全天を覆う高積雲、高層雲」（overcast altocumulus、altostratus）であり、切れ間の無い雲に覆われていることを表わしている。よって、羽田を離陸して小豆島上空までは平穏な飛行であるが、岡山上空から「並み」の揺れが出始め、全くの雲中飛行となるであろう。

図で台湾の東海上にあるカタツムリ型の雲域（①）は強い台風（2011 年台風 2 号）によるもので、台風を中心付近には「強い」乱気流が予想されている。“OCNL CB”とは occasional cumulonimbus（明らかに分離している積乱雲）である。

以上は国内の悪天予想図であるが、国際航空用悪天予想図も太平洋など領域ごとに作成されている。また、「予想図」の他「実況図」もあり、狭い範囲を詳述した「狭域図」もある。

皆様、快適な（？）空の旅を楽しめましたでしょうか。ご参考までに、この悪天予想図と同日（ほぼ同時刻）の衛星画像、地上・高層天気図をご用意いたしましたのでお土産にお持ち帰り下さい。

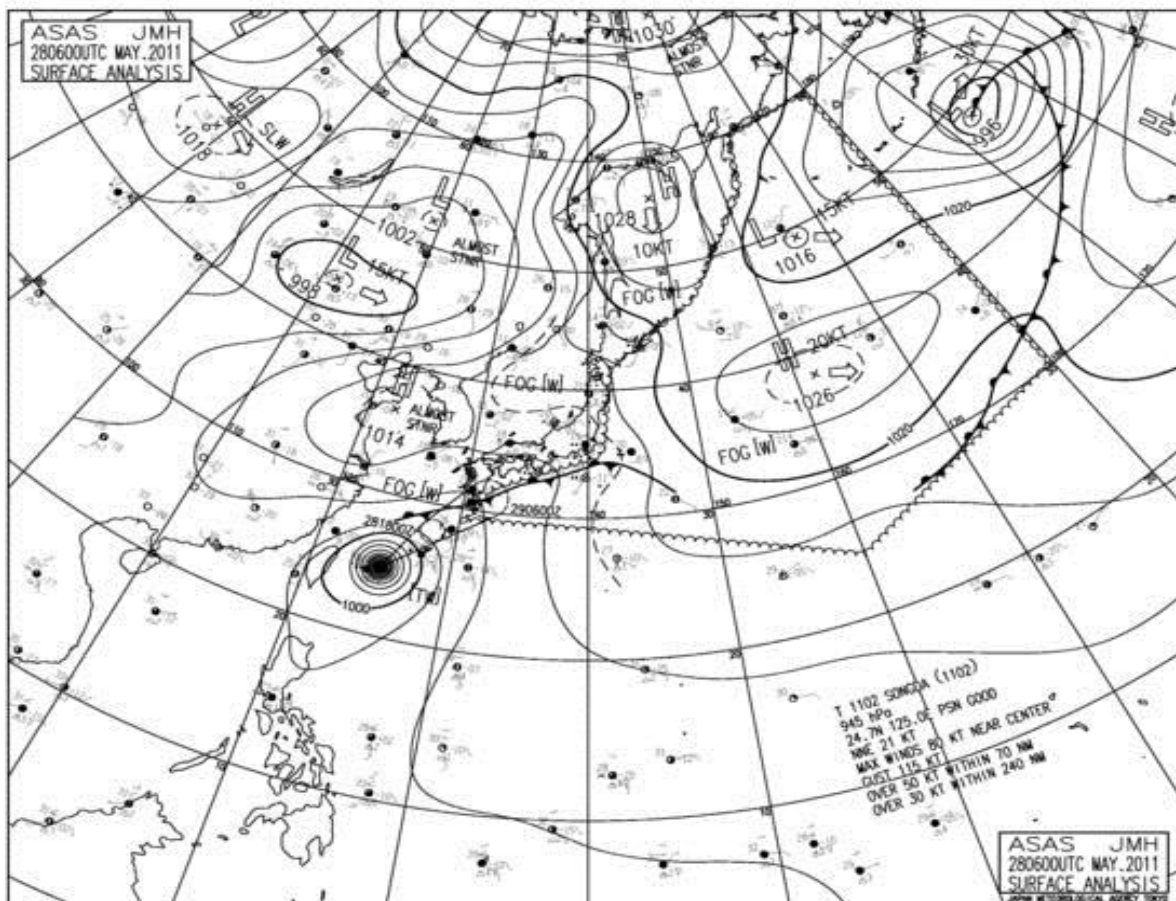
またのご搭乗を乗務員一同、心からお待ち申しあげております。どうぞ気を付けてお帰り下さい。



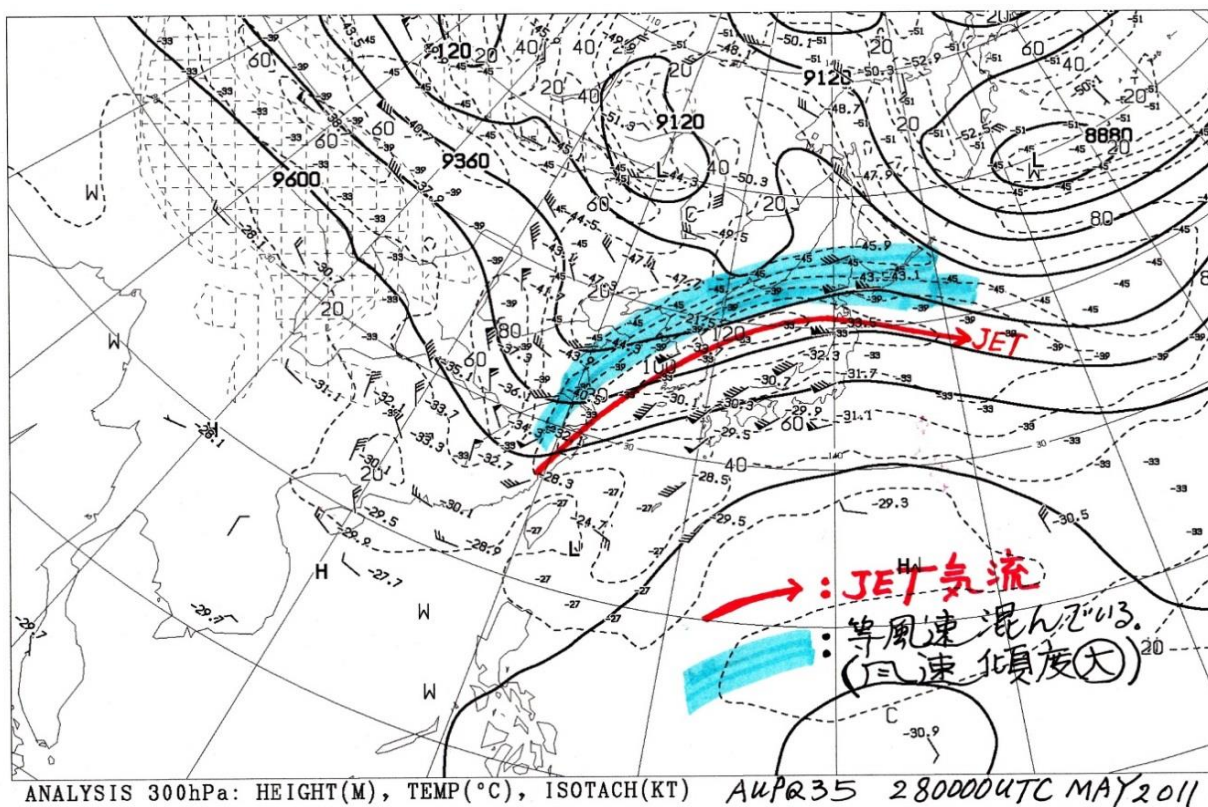
（気象衛星画像、2011.05.28.14:15、左：可視画像、右：赤外画像）

（いずれも上海付近から東シナ海、朝鮮半島を通り、北海道に達している細くて長い雲列が乱気流を発生させたトランスバース・ラインであることに注意されたい）

※気象庁発表の「航空気象情報」に興味を持たれた方は、気象庁航空気象管理官編「航空気象情報の利用の手引き」（気象業務支援センター発行）を参照してください。



(ASAS 地上天気図、2011.05.28.15:00 日本時)



(300hPa 高層天気図、2011.05.28.09:00 日本時。上の悪天予想図より6時間前の

ものであり、ジェット気流の南北の位置に多少のズレがあることに注意)

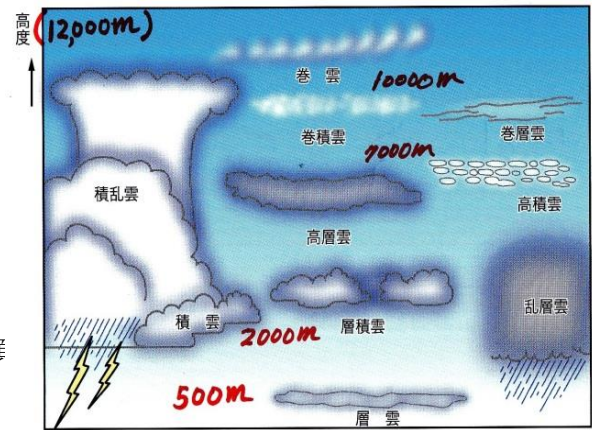
[本稿図版出典] ひまわり衛星画像: 気象庁 HP「衛星画像」、「衛星画像事例集」 加筆は筆者

天気図: 気象庁 HP「天気図」、「高層天気図」 加筆は筆者

国内悪天予想図: 気象庁 HP「航空気象情報」

【補足】

上空から雲を見たり、雲の中からその雲を見たり、雲中を通過することなどは、地上からでは普通はできないことであるが、飛行機に乗った場合は可能となる。移り変わる雲の動きや形を見ることは、「オーイ、雲よ・・・」ではないが楽しいことである。雲については本稿でも折に触れて記述してきたが、それは気象予測上からの必要性が主であった。雲を楽しむという観点から、上記の「悪天予想図」に記載されている雲の種類や形状の略号をご参考までに以下に掲げておく。



略号	雲形	(英文)
AC	高積雲	Altostratus
AS	高層雲	Altostratus
NS	乱層雲	Nimbostratus
SC	層積雲	Stratocumulus
ST	層雲	Stratus
CU	積雲	Cumulus
CB	積乱雲	Cumulonimbus

略号	雲量・形状
FEW	few、少しの雲
SCT	scattered、散在している雲
OVC	overcast、全天を覆う雲
ISOL	isolated、孤立している雲
OCNL	occasional、明らかに分離している雲
FRQ	frequent、分離していない雲
EMBD	embedded、埋没している雲

最後に、山で見た珍しい雲を少し見て頂いて本項の終わりとしたい（いずれも筆者撮影）。



（山頂に掛かるレンズ雲2題 左：米国マウント・レーニア 右：ヒマラヤ カンサール・カン峰）



（乱層雲の切れ目からヒマラヤ・アマダブラム峰）



（ガスが湧くヒマラヤ・キャゾリ峰）

[「天気図から読み解く山岳気象遭難の防止」目次に戻る](#)

[「山岳気象と遭難」目次に戻る](#)