

第5章 アジア太平洋地上天気図の標準的な解析手法*

5.1 はじめに

平成 29 年度予報技術研修テキストでは、「アジア太平洋地上天気図の標準的な解析手法」と題して、天気図の作成目的と役割、天気図の種類、天気図解析の歴史等とともに、現在、気象庁で使用している低気圧及びそれに伴う前線に関する基本的な概念モデルを説明した。本章では前年度の説明を踏まえて、日本付近で発達した温帯低気圧の事例を対象として、ベルゲン学派の低気圧モデルの低気圧の一生の各段階の解析の考え方や衛星画像の利用方法、実況データの着目点について解説する。そして、典型的な低気圧の一生において、中心気圧や前線の解析の着目点について述べる。なお、本章では時刻を UTC (Coordinated Universal Time：協定世界時) で記す。

5.2 事例の概要

本章では、2018 年 1 月 21 日から 24 日にかけて、華南から日本の南を経て千島近海に発達しながら進んだ温帯低気圧とそれに伴う前線について述べる。

21 日 06UTC に華南で前線が発生、21 日 12UTC には前線上に低気圧が発生した。低気圧は 22 日 00UTC には九州の南に達し、中心気圧は 1008hPa であった。24 時間後の 23 日 00UTC には低気圧の中心は三陸沖にあって中心気圧は 972hPa、最大風速は 75kt まで急速に発達し、三陸沖東部海域では地方海上警報で海上暴風警報（最大風速は 75kt）を発表するなど、日本近海にも大きな影響を与えた。また、22 日は、北日本の一部を除き全国的に雨や雪となった。東京で最深積雪 23cm を観測、20cm を超えたのは 2014 年 2 月以来 4 年ぶりのことであった。低気圧は主に海上を進んだことから、前線の構造は明瞭で、上層のトラフとの対応も明瞭であった。

低気圧の解析結果から、この低気圧の一生における諸段階を以下の 4 つに分けて考える。

- ・発生期：1 月 21 日 06UTC の前線の解析開始から前線上に低気圧が発生するまで
- ・発達期：1 月 21 日 18UTC から前線が閉塞する直前まで
- ・最盛期：1 月 23 日 00UTC に前線が閉塞して、閉塞前線が低気圧中心から離れるまで
- ・衰弱期：1 月 23 日 18UTC に閉塞前線が低気圧中心から明瞭に離れ、24 日 12UTC に前線が消滅するまで

以下の節では発生期から衰弱期毎に、低気圧と前線の解析過程を示す。なお、解析の流れは、大まかに以下の 3 段階に分けて考えて、発生期から衰弱期までのそれぞれの段階毎に解説する。

- 1 衛星画像解析：衛星画像による低気圧と前線位置の推定
- 2 高層天気図解析：高層観測データを用いた低気圧と前線位置の解析
- 3 低気圧の解析・前線解析の根拠、注目する実況観測：地上気象観測、レーダー等を用いた詳細解析

5.2.1 発生期 1 月 21 日 06UTC～21 日 12UTC

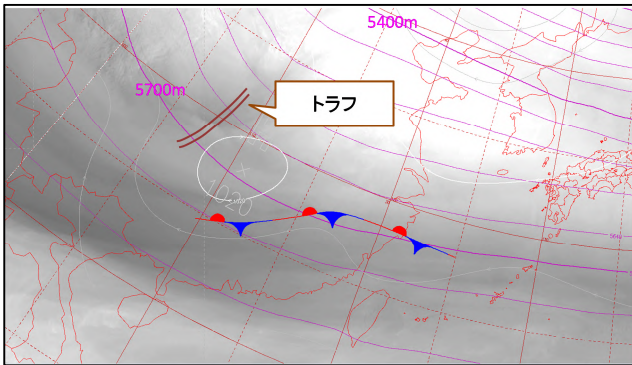
1 月 21 日 06UTC に華南に停滞前線が発生した。前線は東進して、同日 12UTC には北緯 30 度・東経 120 度付近で前線上に低気圧を解析、あわせて温暖前線、寒冷前線を解析した。

*加藤 浩司、由宇 弘樹、永山 隆治（気象庁予報部予報課）

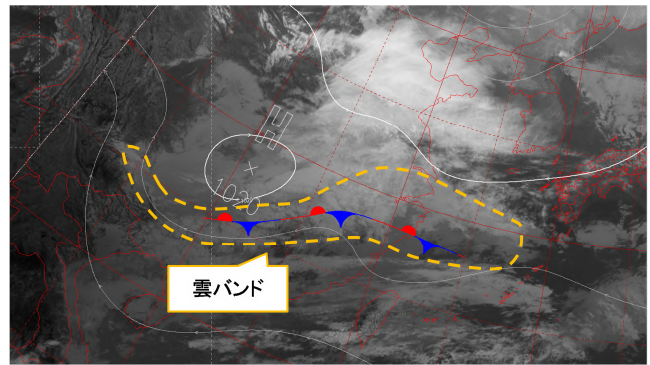
5. 2. 1. 1 衛星画像解析

(1) 1月21日 06UTC

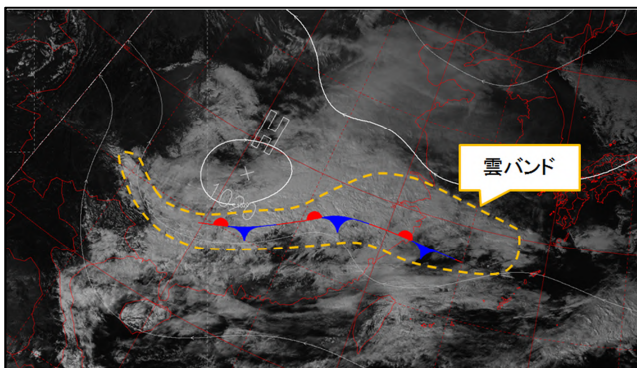
衛星水蒸気画像（第 5.2.1 図）では、華南の北緯 30 度・東経 110 度付近に暗域がみられ、500hPa の 5640m 付近のトラフに対応している。また衛星可視画像（第 5.2.3 図）では、トンキン湾の北の北緯 25 度・東経 110 度付近から東シナ海にかけてのびた厚い雲域が雲バンドを形成している。この雲バンドは衛星赤外画像（第 5.2.2 図）では明るい灰色にみえることから、緩やかな対流活動によって下層の積雲が発生し、雲バンドを形成していることがわかる。



第 5.2.1 図 2018 年 1 月 21 日 06UTC 衛星水蒸気画像
茶色二重線はトラフ、マゼンタ線は 500hPa の高度 (60m 間隔)、白線は地上の等圧線 (4hPa 間隔) とじょう乱を示す。



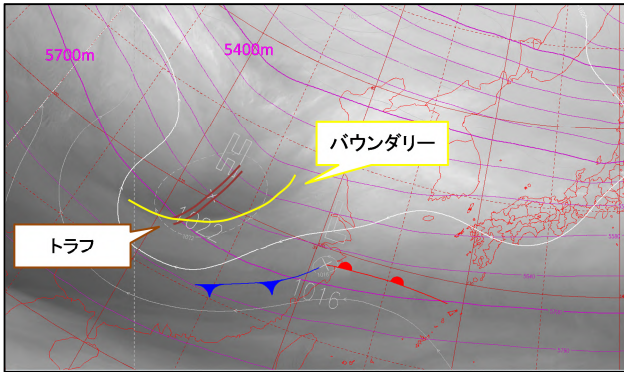
第 5.2.2 図 2018 年 1 月 21 日 06UTC 衛星赤外画像
橙色破線は雲バンド、白線は地上の等圧線 (4hPa 間隔) とじょう乱を示す。



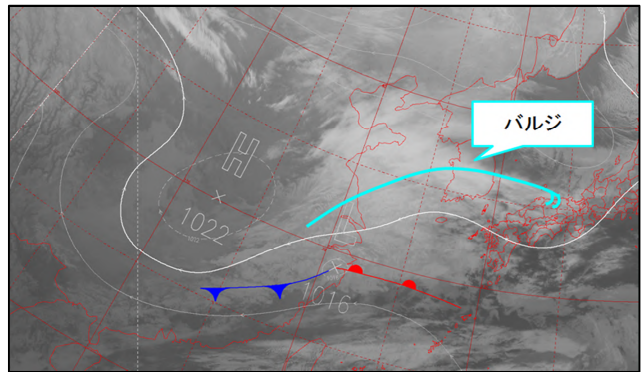
第 5.2.3 図 2018 年 1 月 21 日 06UTC 衛星可視画像
橙色破線は雲バンド、白線は地上の等圧線 (4hPa 間隔) とじょう乱を示す。

(2) 1月21日 12UTC

衛星水蒸気画像（第 5.2.4 図）では、華中の北緯 30 度・東経 115 度付近で暗域と明域の境界（バウンダリー）が明瞭となり、500hPa の 5640m 付近のトラフがより深まりをみせている。また、衛星赤外画像（第 5.2.5 図）を見ると、長江河口付近から黄海付近でバルジが解析され、低気圧の発生が推定される。低気圧の中心はバルジの付け根のやや東に推定し、高層天気図解析や地上気象観測値を用いて詳しく解析していく。



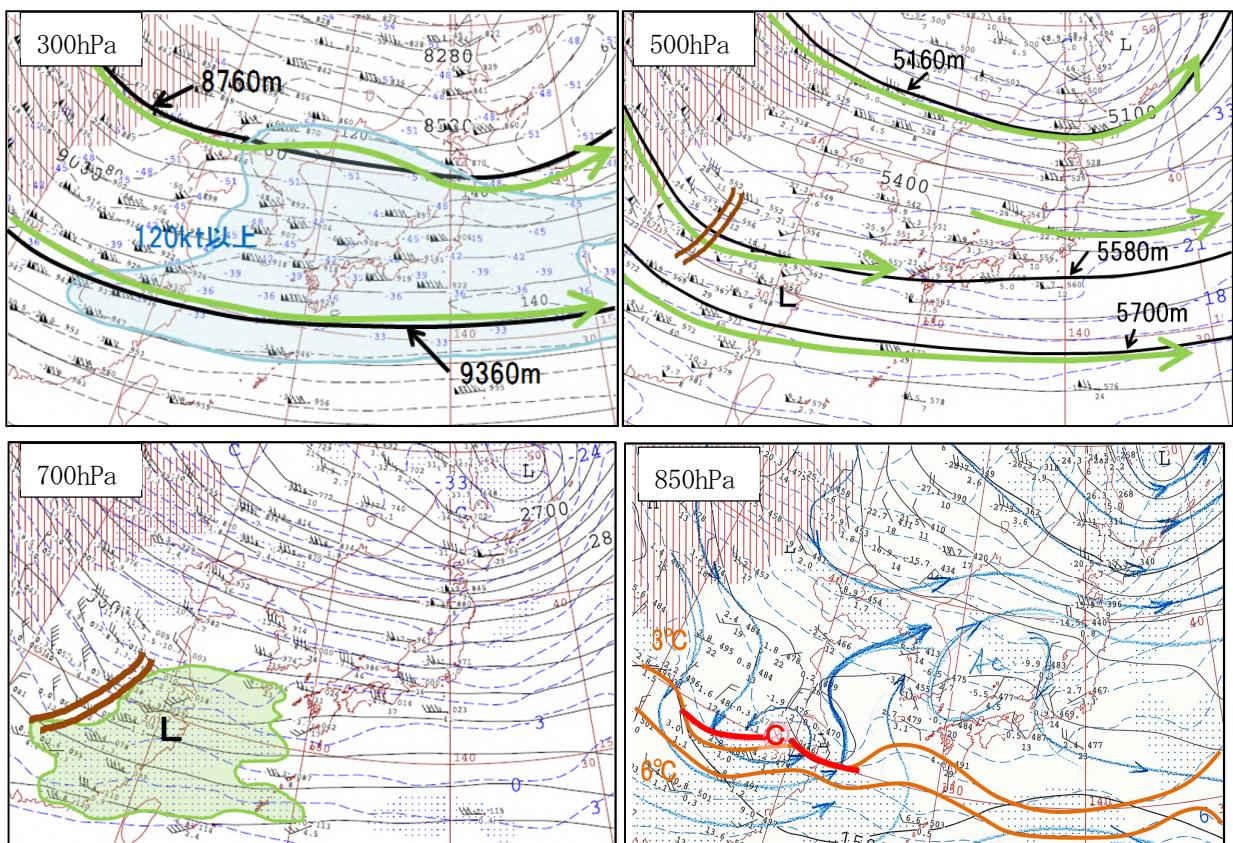
第 5.2.4 図 2018 年 1 月 21 日 12UTC 衛星水蒸気画像
茶色二重線はトラフ、黄色線はバウンダリー、マゼンタ線は 500hPa の高度(60m 間隔)、白線は地上の等圧線(4hPa 間隔)とじょう乱を示す。



第 5.2.5 図 2018 年 1 月 21 日 12UTC 衛星赤外画像
水色線はバルジ、白線は地上の等圧線(4hPa 間隔)とじょう乱を示す。

5. 2. 1. 2 アジア 300hPa・500hPa・700hPa・850hPa 高層天気図解析

(1) 1 月 21 日 12UTC



第 5.2.6 図 2018 年 1 月 21 日 12UTC 高層天気図 300hPa、500hPa、700hPa、850hPa

緑矢印：強風軸、水色領域：風速 120kt 以上、茶色二重線：トラフ、L：地上低気圧の位置、黄緑領域：湿数 3°C 以下、青矢印：流线、赤線：各高度の前線、C：低気圧性循環

300hPa や 500hPa 高層天気図 (第 5.2.6 図) を見てみると、300hPa では 8640~8760m 付近と 9360m 付近に、500hPa では 5460~5580m 付近と 5700m 付近等に風速のピークがみられ、それに沿って強風軸が解析できる。特に 500hPa では図で示した北緯 30 度・東経 113 度付近でトラフが明瞭で、北西風と西風の風向シアーも解析できる。また、トラフは 5.2.1.1 で述べた、衛星水蒸気画像の暗域 (第 5.2.4 図) ともよく対応している。

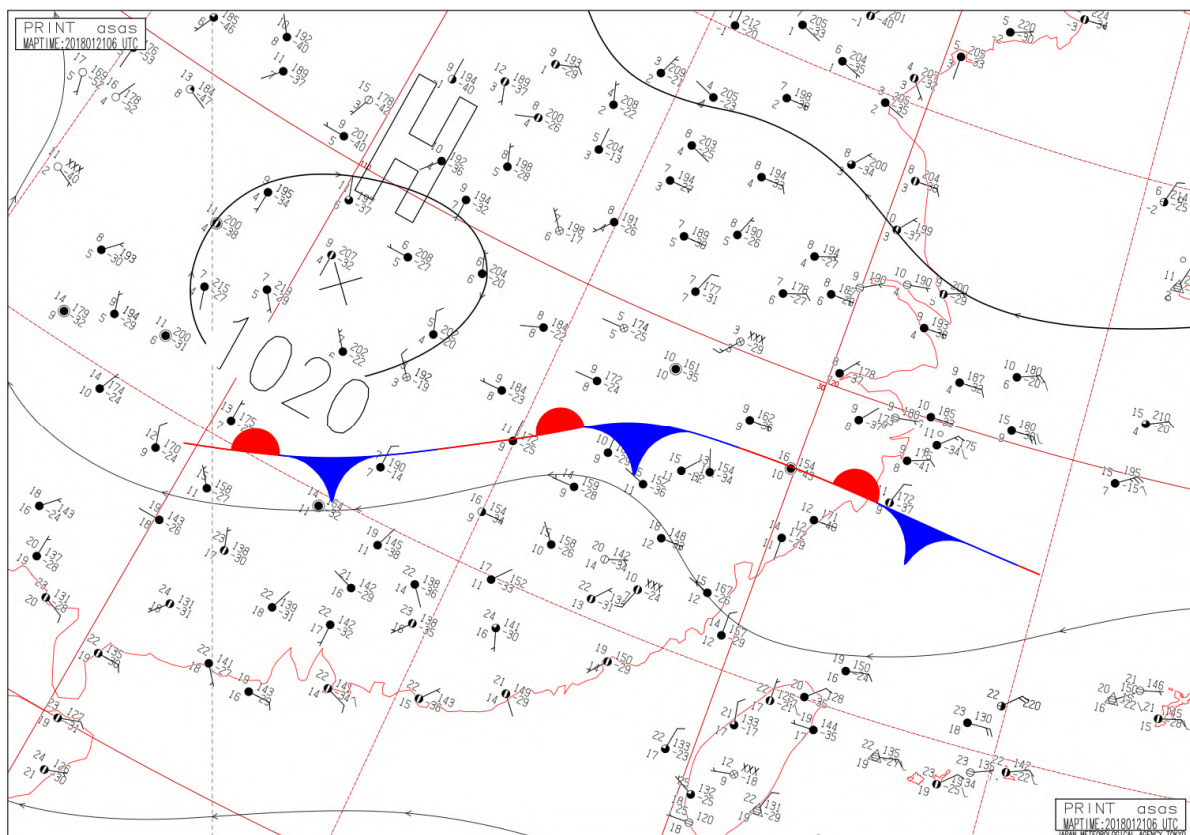
700hPa では華南から華中の沿岸域や東シナ海で湿数 3°C 以下の領域が広がっている。また、華中に北西風と西または南西風の風向シアーがあり、トラフが明瞭である。

850hPa では、300hPa や 500hPa の強風軸に沿って気温 6°C 付近に等温度線の集中帯が解析できる。この集中帯の暖気側の縁に沿って前線を解析でき、この北側と南側で風向シアーが明瞭である。また、流線解析を行うと、上海付近の前線上 (第 5.2.6 図 右下の C の位置) に低気圧性循環を解析できる。この低気圧や前線は 300hPa と 500hPa の強風軸に沿って解析されている。また、500hPa トラフの前面に当たる南東に位置しており、今後、低気圧が発達していくことが予想できる。

5. 2. 1. 3 低気圧解析・前線解析の根拠、注目する実況観測

(1) 1月21日06UTC

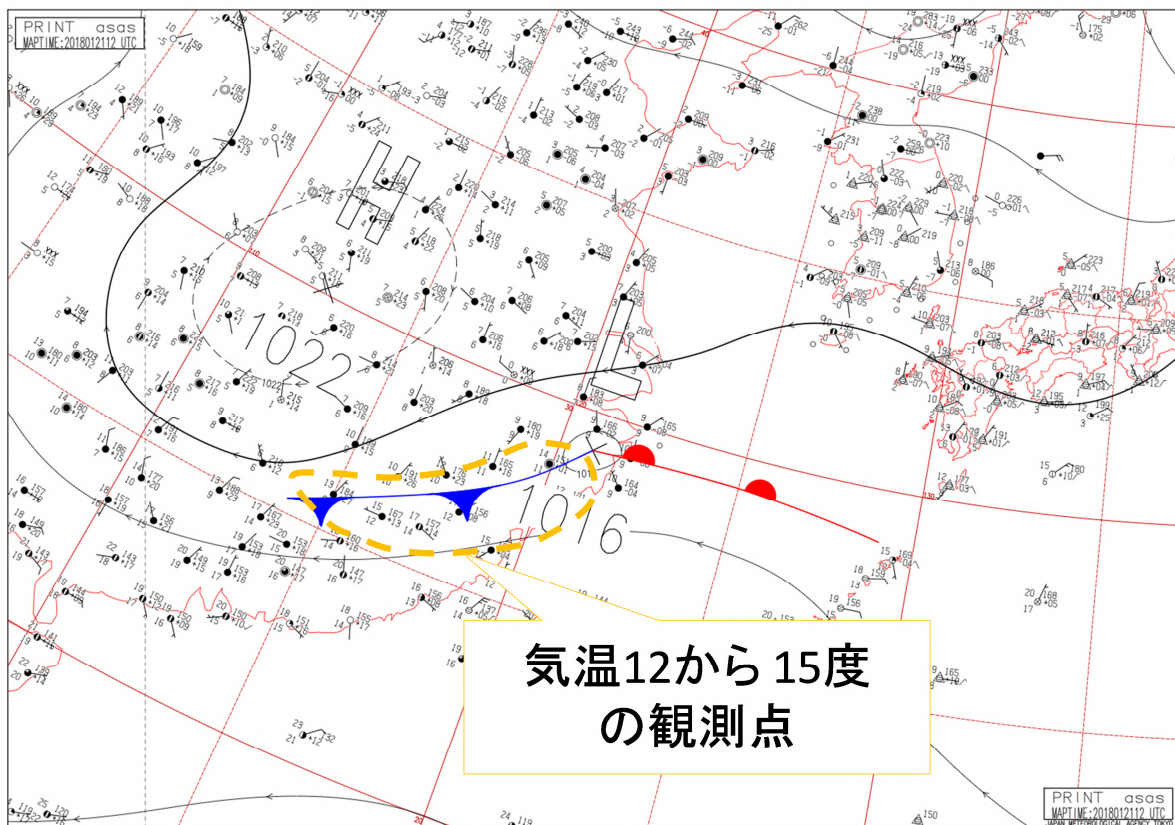
第 5.2.7 図は、最終的に解析された 1 月 21 日 06UTC の地上天気図である。衛星赤外画像 (第 5.2.2 図) や衛星可視画像 (第 5.2.3 図) で示した雲バンド付近の地上観測を見てみると、雲バンドの南側では地上気温が 15°C 以上である一方、北緯 28 度より北側や内陸部では地上気温が 9°C の地点が多く、等温度線の集中帯が顕在化している。そのため、地上気温 12~15°C を目安に前線が解析できる。



第 5.2.7 図 2018 年 1 月 21 日 06UTC の地上天気図

(2) 1月21日 12UTC

第 5.2.8 図は、最終的に解析された 1月21日 12UTC の地上天気図である。地上観測では、東シナ海沿岸では気温 12℃から 15℃の地点が多く（第 5.2.8 図 橙色破線部分）、気温 12~15℃付近に等温度線の集中帯が確認できる。また、内陸では露点温度が 11℃未満の地点が多いが、沿岸の地点では 11℃から 12℃以上と高く、しかも湿数も小さくなっており、華南の沿岸部に水蒸気量の大きな変化も確認できる。このように気温 12℃付近にみられる等温度線の集中帯は、850hPa の等温度線の集中帯（第 5.2.6 図）に概ね対応している。この集中帯は上層のトラフの前面にあたる南東に位置するなどトラフとの対応もよい（第 5.2.6 図）。これらに加えて地上の風向風速にも着目して、地上気温 12~15℃に沿って図中の位置に前線を解析した。また、850hPa では北緯 30 度・東経 120 度付近に低気圧を解析できるが（第 5.2.6 図）、地上の等圧線解析を行うと前線上の北緯 29 度・東経 121 度付近に低気圧を解析し、中心気圧は 1016hPa であった。地上の低気圧位置は 850hPa の低気圧解析位置及び 500hPa のトラフの前面に位置し、気圧の谷が上層に向かって西に傾いている。したがって温帯低気圧の発生期から発達期の特徴がみられ、低気圧が今後発達することを示唆している。また、これまで停滞前線として解析していた前線は、その動きから温暖前線と寒冷前線として解析した。



第 5.2.8 図 2018 年 1 月 21 日 12UTC の地上天気図

橙色破線は地上気温が 12℃から 15℃の地点の分布。

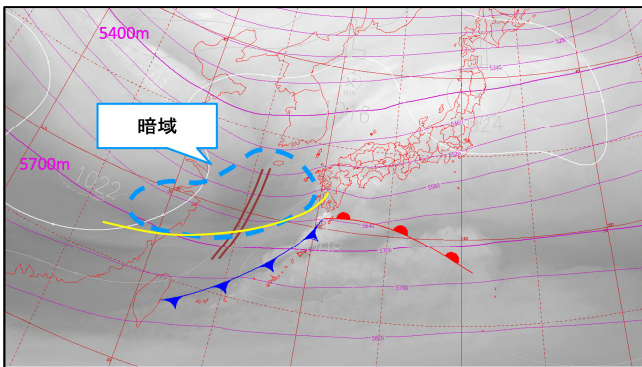
5. 2. 2 発達期 1月21日18UTC～22日18UTC

発生した低気圧と前線は、22日朝には東シナ海を東進した。その後、発達しながら日本の南を東北東に進み、23日朝には日本の東に達した。その間、低気圧の中心気圧は、1012hPa から 984hPa まで発達し、最大風速は 75kt に達した。また、日本付近を進む間、寒冷前線が南西諸島と伊豆諸島を通過し、地上でも風向の変化等が観測された。

5. 2. 2. 1 衛星画像解析

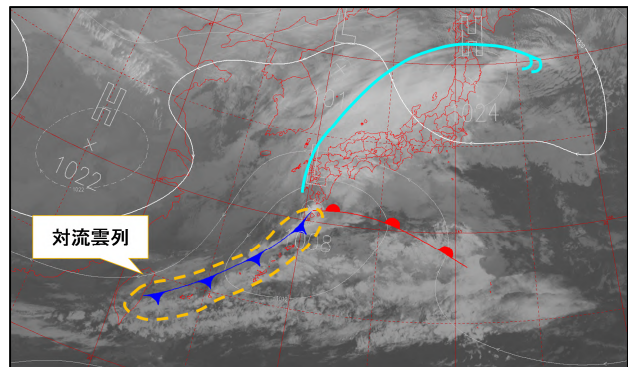
(1) 1月22日00UTC

衛星水蒸気画像（第 5.2.9 図）では、バルジの付け根の西側にあたる東シナ海で、トラフと対応する暗域がさらに明瞭となった。衛星赤外画像（第 5.2.10 図）では、対馬海峡から東北地方にかけてのバルジが明瞭となったほか、南西諸島に寒冷前線に相当する対流雲列がみられる。この対流雲列は衛星可視画像（第 5.2.11 図）でも粒状の雲列として確認でき、前線による対流雲の発達を示唆している。



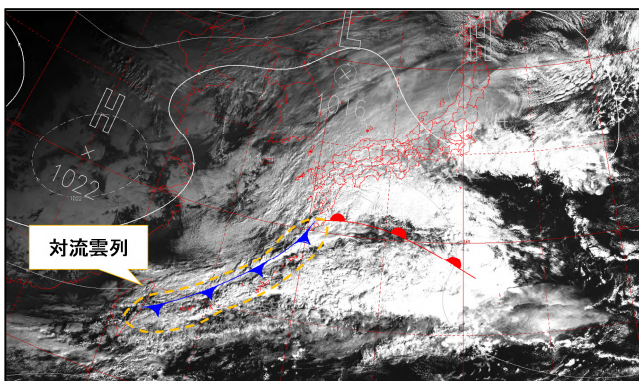
第 5.2.9 図 2018 年 1 月 22 日 00UTC 衛星水蒸気画像

茶色二重線はトラフ、黄色線はバウンダリー、青色点線は暗域、マゼンタ線は 500hPa の高度 (60m 間隔)、白線は地上の等圧線 (4hPa 間隔) とじょう乱を示す。



第 5.2.10 図 2018 年 1 月 22 日 00UTC 衛星赤外画像

水色線はバルジ、白線は地上の等圧線 (4hPa 間隔) とじょう乱、橙色破線は対流雲列を示す。

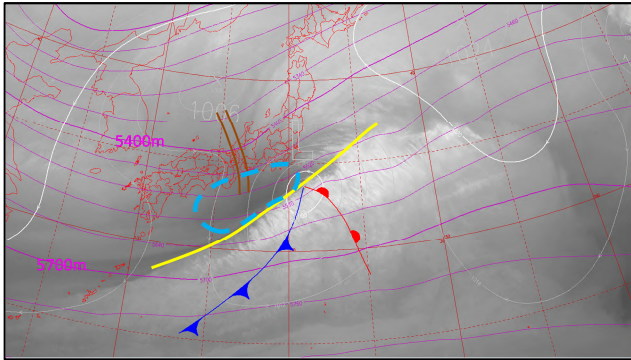


第 5.2.11 図 2018 年 1 月 22 日 00UTC 衛星可視画像

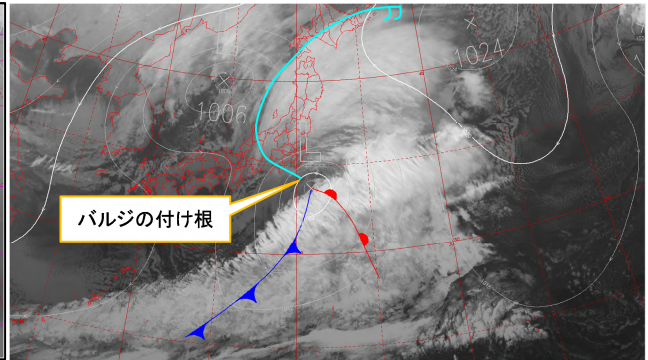
橙色破線は対流雲列、白線は地上の等圧線 (4hPa 間隔) とじょう乱を示す。

(2) 1月22日 12UTC

衛星水蒸気画像（第 5.2.12 図）では、東シナ海の暗域が西日本から東日本に達している。暗域と明域の境界であるバウンダリーは直線的な形状を明瞭にしている。これは中層の強風軸に伴う雲域（明域）と極側の暗域との境界となっており、ジェット気流平行型（気象衛星センター，2002）と呼ばれる。バウンダリーは中層の強風軸の位置を示唆し、トラフが深まっていることを示している。衛星赤外面像（第 5.2.13 図）では、伊勢湾から北日本にかけてのバルジがさらに明瞭となり、低気圧中心はバルジの付け根のやや東の伊豆諸島付近に推定される。



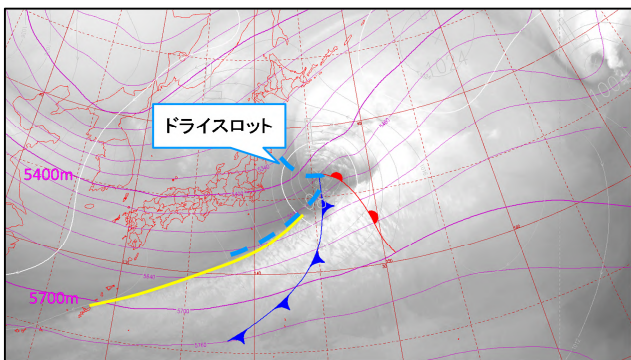
第 5.2.12 図 2018 年 1 月 22 日 12UTC 衛星水蒸気画像
茶色二重線はトラフ、黄色線はバウンダリー、青色点線は暗域、マゼンタ線は 500hPa の高度(60m 間隔)、白線は地上の等圧線(4hPa 間隔)とじょう乱を示す。



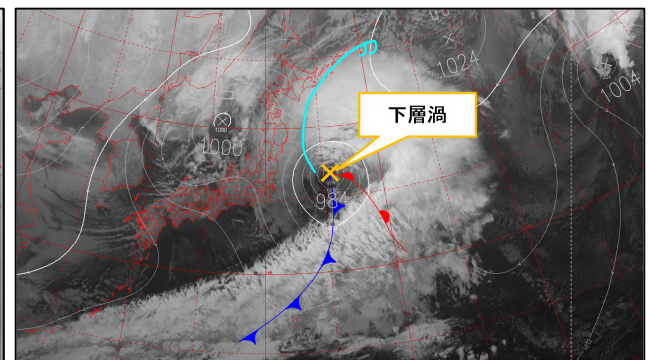
第 5.2.13 図 2018 年 1 月 22 日 12UTC 衛星赤外面像
水色線はバルジ、白線は地上の等圧線(4hPa 間隔)とじょう乱を示す。

(3) 1月22日 18UTC

衛星水蒸気画像（第 5.2.14 図）では、日本の東の北緯 37 度・東経 145 度付近の雲域で、低気圧中心に暗域が入り込むドライスロットが明瞭となり閉塞過程に入る直前と考えられる。これらのことより、低気圧は発達最盛期を迎えつつあることが推察される。衛星赤外面像（第 5.2.15 図）では、バルジの付け根付近の北緯 37 度・東経 145 度付近の下層渦が明瞭で、地上低気圧の目安となる。



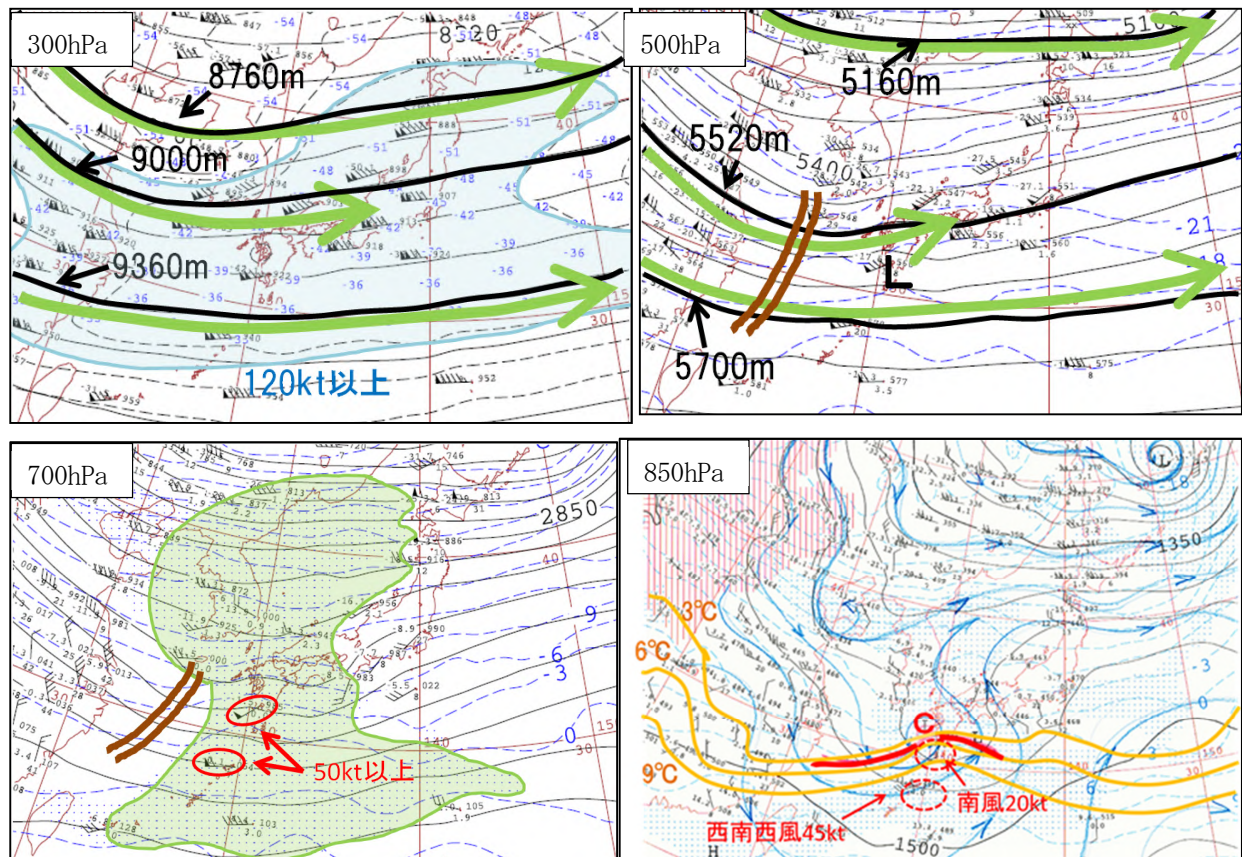
第 5.2.14 図 2018 年 1 月 22 日 18UTC 衛星水蒸気画像
水色点線はドライスロット、黄色線はバウンダリー、マゼンタ線は 500hPa の高度(60m 間隔)、白線は地上の等圧線(4hPa 間隔)とじょう乱を示す。



第 5.2.15 図 2018 年 1 月 22 日 18UTC 衛星赤外面像
水色線はバルジ、オレンジは下層渦、白線は地上の等圧線(4hPa 間隔)とじょう乱を示す。

5. 2. 2. 2 アジア 300hPa・500hPa・700hPa・850hPa 高層天気図解析

(1) 1月22日 00UTC



第 5.2.16 図 2018 年 1 月 22 日 00UTC 高層天気図 300hPa、500hPa、700hPa、850hPa

緑矢印：強風軸、水色領域：風速 120kt 以上、茶色二重線：トラフ、L：地上低気圧の位置、黄緑領域：湿数 3℃ 以下、青矢印：流线、赤線：各高度の前線、C：低気圧性循環

300hPa では 9000m や 9480m 付近等に風速の極大があつて、強風軸が解析できる。また、500hPa では 5520m と 5700m 付近等に風速の極大があつて、強風軸を形成している。300hPa9480m の強風軸は衛星水蒸気画像（第 5.2.9 図）で示したバウンダリーと対応している。

黄海から東シナ海にかけて 500hPa5460～5700m の深いトラフがみられ、華南の西北西の流れと西日本付近の西南西の流れでの風向シアも明瞭である。このトラフは衛星水蒸気画像（第 5.2.9 図）の暗域とも対応している。後述する地上気象観測による低気圧解析位置はトラフの南東にあり、低気圧が発達段階であることを示唆する。

700hPa 天気図では、西日本から南西諸島に沿って湿数 3℃ 以下の領域が広がっている。また、鹿児島や名瀬では 50kt 以上の非常に強い西または西南西の風が観測されている。

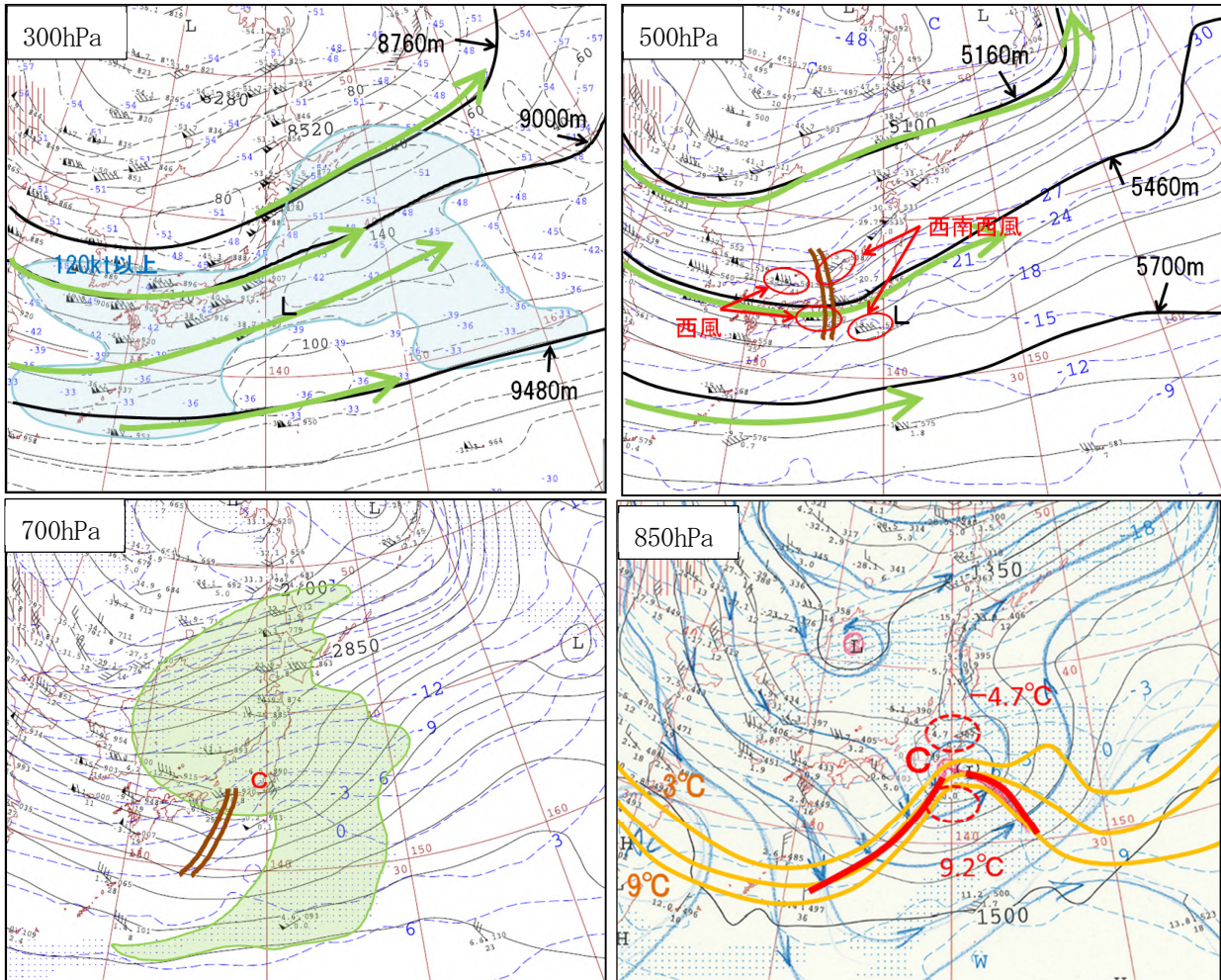
850hPa 天気図では、鹿児島で南の風 20kt が観測されるなど、九州西海上の北緯 33 度・東経 128 度付近に低気圧性の回転がみられることから、この付近に低気圧を解析できる。

鹿児島の 700hPa の風向は西南西で、850hPa からみると時計回りに風向が変化していることから、この間の高度で平均して風が暖気側から寒気側に吹いており、暖気移流が強いことを示している。このことから、低気圧の前面で暖気移流が強くなっている。また、低気圧の後面では、850hPa の流线が気温 6℃ の等温度線にほぼ直行しており、寒気側から暖気側の流れとなって寒気移流場となっている。このことから、低気圧が

発達することを示唆している。

気温 6°C 付近に等温度線の集中帯がみられ、北西と南西の風向シアーもあることから、これに沿って 850hPa 面での寒冷前線を解析できる。前線の南側は湿数 3°C 以下の湿った領域となっている。

(2) 1月22日 12UTC



第 5.2.17 図 2018 年 1 月 22 日 12UTC 高層天気図 300hPa、500hPa、700hPa、850hPa

緑矢印：強風軸、水色領域：風速 120kt 以上、茶色二重線：トラフ、L：地上低気圧の位置、黄緑領域：湿数 3°C 以下、青矢印：流線、赤線：各高度の前線、C：低気圧性循環

300hPa では 9000m と 9120～9360m 付近等に強風軸が解析される。また、500hPa では 5460m と 5700m 付近等に強風軸が解析される。300hPa 9120～9360m 付近の強風軸は、衛星水蒸気画像（第 5.2.12 図）のバウンダリーとよく対応している。500hPa では若狭湾から紀伊半島付近にトラフが解析でき、高層観測をみると潮岬や松江では西風が観測されているのに対し、それより東側の輪島や八丈島では西南西の風となっており、風向シアーがみられる。また、潮岬では湿数が 39.0°C と非常に大きく乾燥域となっていて、水蒸気画像（第 5.2.12 図）で暗域部分とよく対応している。

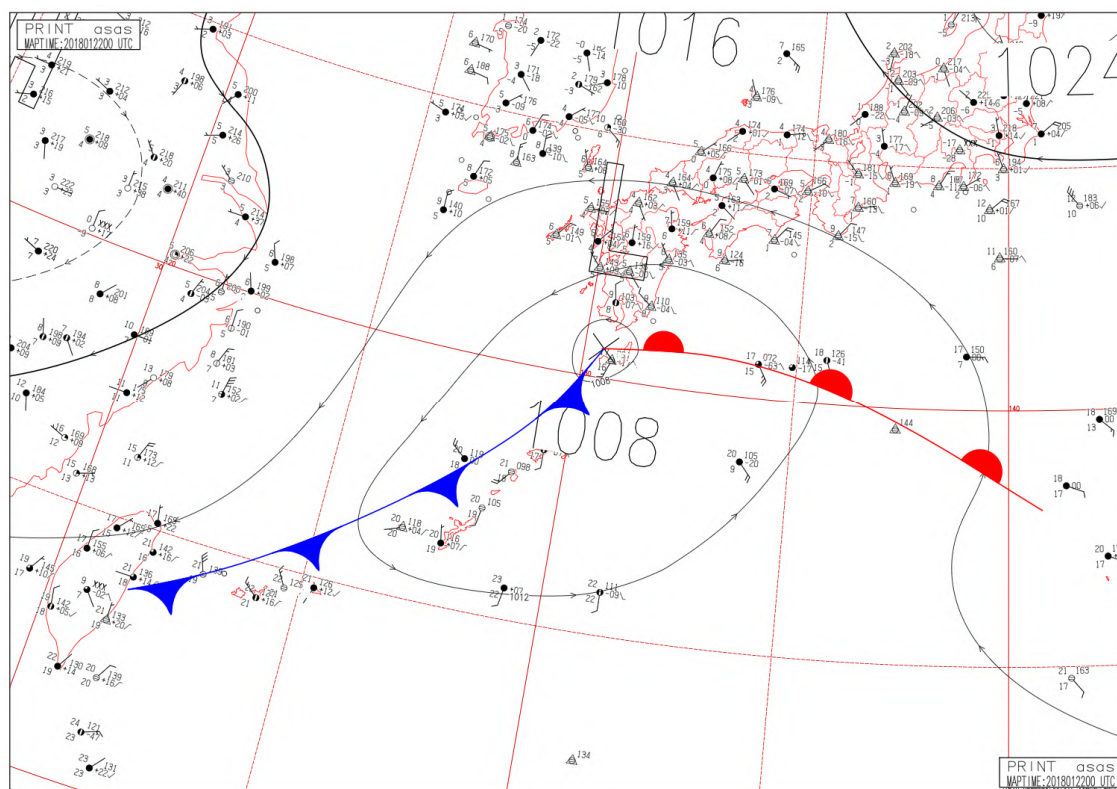
700hPa 天気図では、伊勢湾から北日本に湿数 3°C 以下の領域の膨らみがみられ、衛星赤外画像（第 5.2.13 図）でもみられた下層雲が広がっている様子がわかる。また、伊豆諸島から小笠原諸島を通して南大東島付近にかけても湿数 3°C 以下の領域が広がっている。風の観測をみると、関東地方付近で明瞭な低気圧性循環がみられる。

850hPa 天気図では、700hPa と同様に、伊豆諸島付近で明瞭な低気圧性循環がみられる。また、低気圧前面では南東からの流線が気温 6°C の等温度線と直行して暖気移流が強まっている。館野の気温 -4.7°C に対して八丈島の気温は 9.2°C となっており、200km ほどの距離に 14°C 近い温度差が生じるなど、水平温度傾度も大きくなっている。また、低気圧後面では北西からの流線が気温 6°C の等温度線と直行して寒気移流が強まっており、引き続き低気圧が発達していることを示している。6°C 線は低気圧中心から南西にのびているが、潮岬の湿数が 5.0°C となっているなど低気圧より西側は乾燥しており、850hPa より下層では寒気を伴う乾燥域がさらに南下している可能性がある。

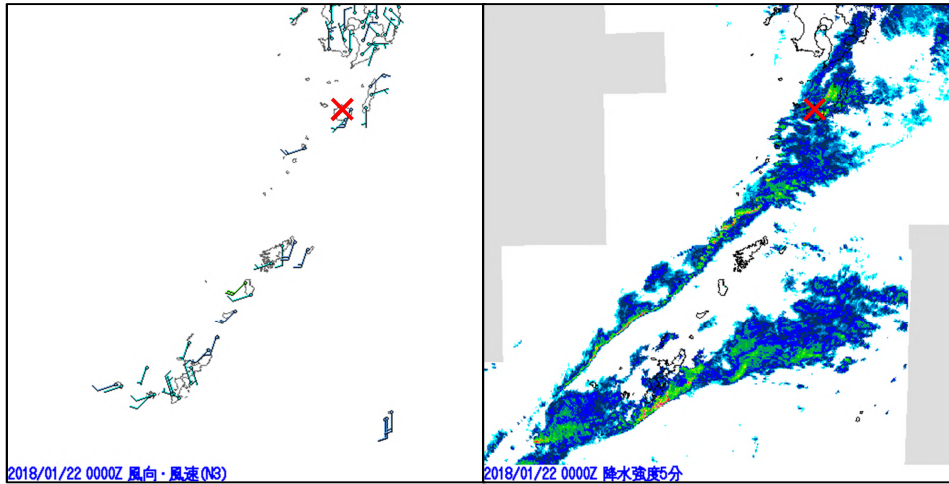
5. 2. 2. 3 低気圧解析・前線解析の根拠、注目する実況観測

(1) 1月22日 00UTC

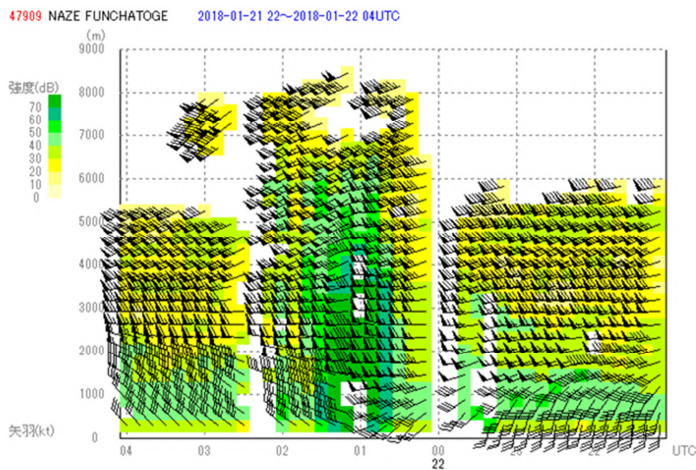
地上の等圧線解析の結果、屋久島の北の海上に 1008hPa の低気圧を解析できる（第 5.2.18 図）。この位置は東シナ海の 500hPa トラフ（第 5.2.16 図）の東に位置しており、トラフとの対応がよい。また、アメダスの風向（第 5.2.19 図）もこの付近で低気圧性の変化を示している。寒冷前線は、850hPa の気温 6°C 付近の等温度線の集中帯（第 5.2.16 図）が地上の前線の目安となる。これは、低気圧中心から南西諸島に向かってのびる降水エコーの走向（第 5.2.19 図）とも一致している。また、名瀬のウィンドプロファイラの最下層の風（第 5.2.20 図）や北原（久米島）のアメダス（第 5.2.21 図）では、22日 01UTC 頃には風向が南西から北西へ変わり、風向変化が明瞭である。さらに宮古島のアメダス（第 5.2.21 図）では、00UTC から 03UTC にかけて、気温が 21.4°C から 19.7°C に下降した。これらは、明瞭な寒冷前線が降水エコーに沿って存在したことを示している。低気圧と前線は、850hPa 面での低気圧と前線（第 5.2.16 図）の 100km 程度南東に存在し、高層解析との対応もよいことから、この位置に前線と低気圧を解析する。



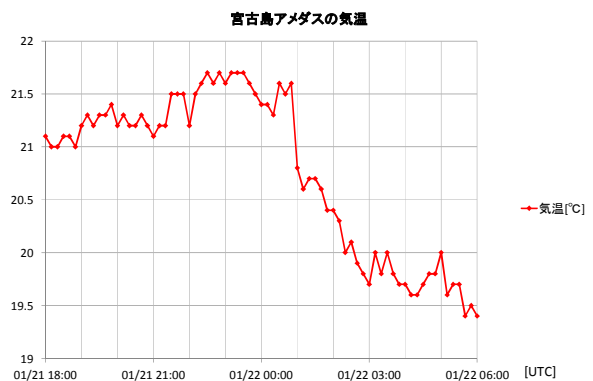
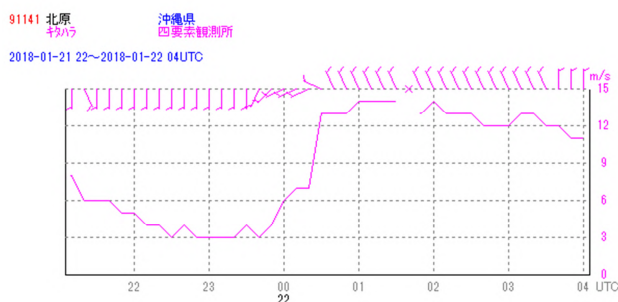
第 5.2.18 図 2018 年 1 月 22 日 00UTC の地上天気図



第 5. 2. 19 図 2018 年 1 月 22 日 00UTC アメダス風向風速（左）とレーダーエコー（右）
赤色の×は低気圧の位置を表す。



第 5. 2. 20 図 1 月 21 日 22UTC から 22 日 04UTC にかけての名瀬のウィンドプロファイラのデータ
22UTC から 00UTC までは、最下層の風向は南から南西だったが、01UTC を境に北西に変化。

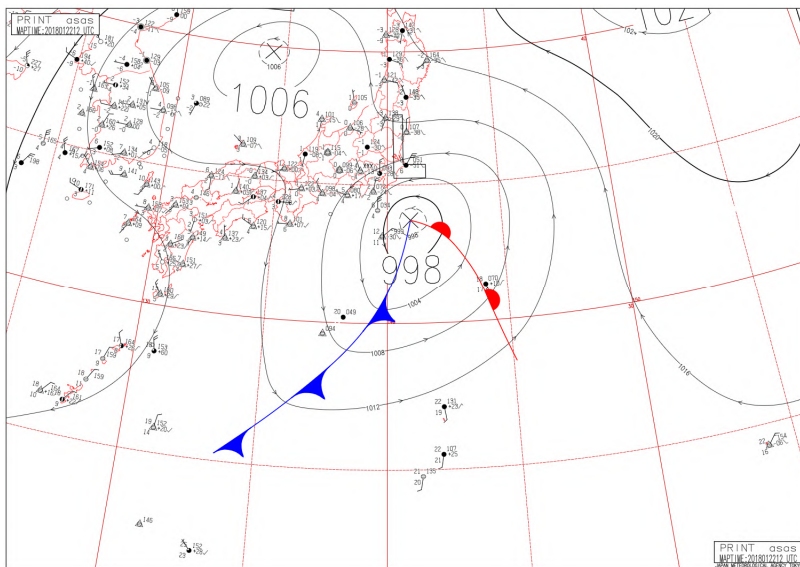


第 5. 2. 21 図 1 月 21 日 21UTC から 22 日 04UTC にかけての北原（久米島）のアメダス風向風速（左）と 1 月 21 日
18UTC から 22 日 06UTC にかけての宮古島の気温（右）

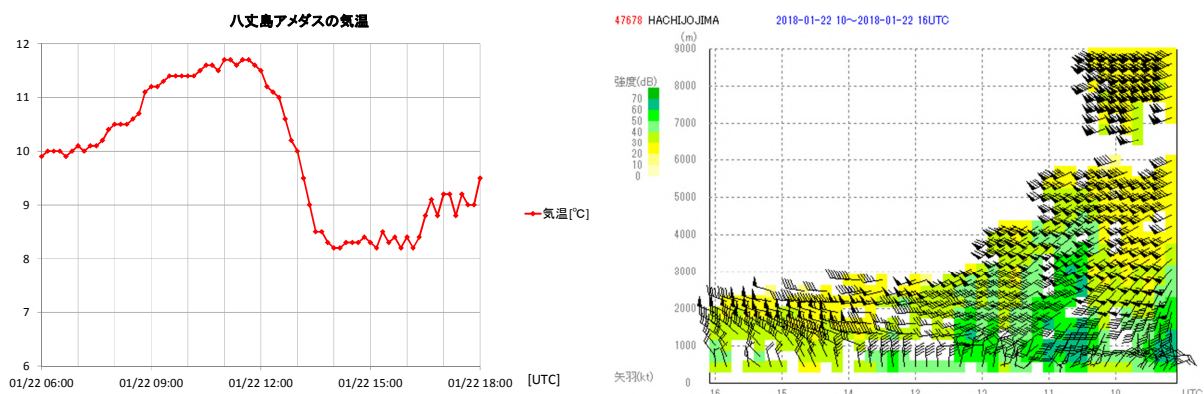
北原（久米島）では、01UTC 頃には風向が南から北西に変わり、風速も増大している。また、宮古島では 01UTC 頃に気温の低下がみられる。

(2) 1月22日 12UTC

地上の等圧線解析を行うと、八丈島の東に 998hPa の低気圧が解析できる (第 5.2.22 図)。5.2.2.2 で述べたとおり、700hPa や 850hPa の高層天気図からも地上の低気圧に近い関東地方付近で低気圧性の風の循環が明瞭である (第 5.2.17 図)。また、トラフは若狭湾から紀伊半島付近にあり (第 5.2.17 図)、低気圧中心に追いつきつつある。低気圧は八丈島付近か、八丈島のすぐ南を通過したとみられ、八丈島の地上の観測でもその特徴がみられる。まず、22日 12UTC から 22日 14UTC にかけて、気温が 11.5℃ から 8.2℃ まで下降し、低気圧通過後の寒気が流入したことを示している (第 5.2.23 図)。ウィンドプロファイラの最下層の風向も 09UTC から 15UTC にかけて北東から北、北から北西に反時計回りに変化して、低気圧の通過を示している。また、下層における鉛直方向の風向の変化が、09UTC から 15UTC にかけて、高度とともに時計回りの回転から反時計回りの回転に変わっていることから、暖気移流場から寒気移流場が変わったことを示している (第 5.2.23 図右)。



第 5.2.22 図 2018 年 1 月 22 日 12UTC の地上天気図



第 5.2.23 図 1 月 22 日 06UTC から 18UTC にかけての八丈島の気温 (左) と、22 日 09UTC から 16UTC にかけての八丈島のウィンドプロファイラ (右)

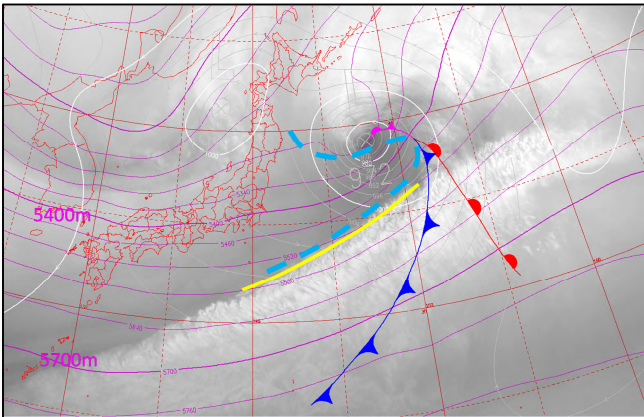
低気圧の通過後、ウィンドプロファイラの最下層の風向が北または北北西に変化、気温も下降。

5. 2. 3 最盛期 1月23日00UTC～23日12UTC

1月23日00UTCには、低気圧中心は三陸沖に達し閉塞前線を形成した。その後、中心付近への寒気流入が顕著になるとともに発達しながら北東に進み、同日12UTCには低気圧が閉塞前線をのぼしながら千島近海に達した。

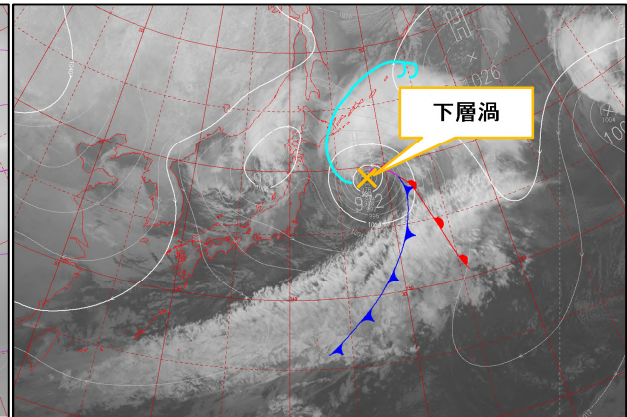
5. 2. 3. 1 衛星画像解析

(1) 1月23日00UTC



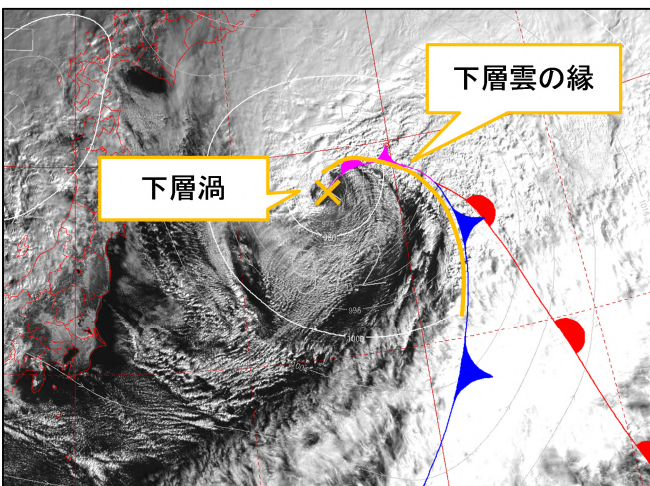
第5.2.24図 2018年1月23日00UTC 衛星水蒸気画像

青色破線はドライスロット、黄色線はバウンダリー、マゼンタ線は500hPaの高度(60m間隔)、白線は地上の等圧線(4hPa間隔)とじょう乱を示す。



第5.2.25図 2018年1月23日00UTC 衛星赤外画像

水色線はバルジ、橙色×印は下層渦、白線は地上の等圧線(4hPa間隔)とじょう乱を示す。



第5.2.26図 2018年1月23日00UTC

衛星可視画像

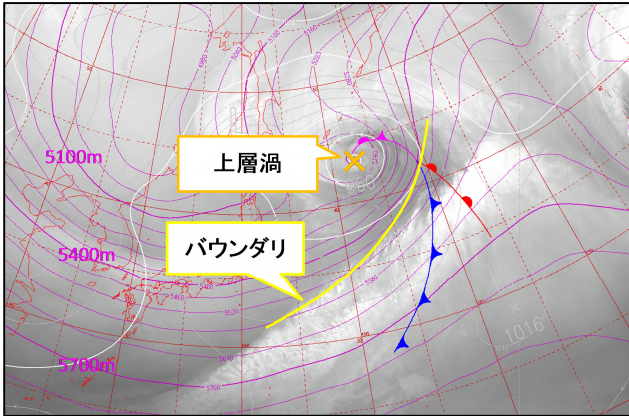
橙色×印は下層渦、橙色線は下層雲、白線は地上の等圧線(4hPa間隔)とじょう乱を示す。

衛星水蒸気画像(第5.2.24図)では北緯40度・東経150度付近のドライスロットが明瞭であることから、低気圧は閉塞過程に入ったことがわかる。衛星赤外画像(第5.2.25図)では、バルジがまだ明瞭で下層渦もよく見えているが、寒冷前線や温暖前線に対応する雲域はよくわからない。また、衛星可視画像(第5.2.26図)では低気圧中心に対応した下層渦がさらに明瞭となり、閉塞前線に対応した湾曲した下層雲域(第5.2.26図の橙色線)が明瞭で、ドライスロット内に寒気に伴う積雲域がみられる。

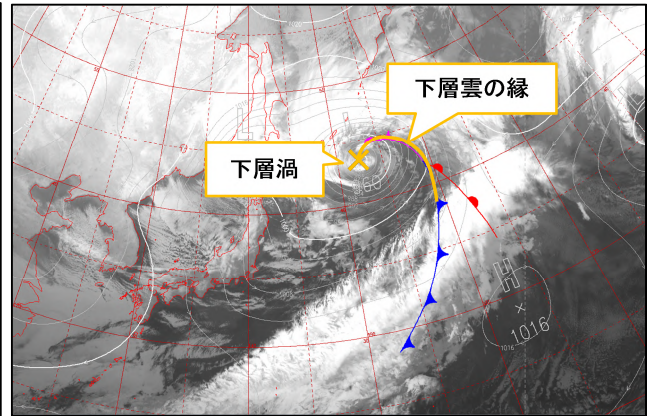
閉塞点は、衛星水蒸気画像(第5.2.24図)のバウンダリーと衛星可視画像(第5.2.26図)の閉塞前線から寒冷前線に対応した下層雲の縁の交点である北緯38度・東経152度付近に解析できる。

(2) 1月23日 12UTC

衛星水蒸気画像（第5.2.27図）では低気圧の直上に上層渦が解析され、渦管が垂直となり低気圧が最盛期に達したことを示している。衛星赤外画像（第5.2.28図）では低気圧に対応する下層渦が、北海道東方海上でさらに明瞭となる。



第5.2.27図 2018年1月23日12UTC 衛星水蒸気画像
橙色×印は上層渦、黄色線はバウンダリー、マゼンタ線は500hPaの高度(60m間隔)、白線は地上の等圧線(4hPa間隔)とじょう乱を示す。



第5.2.28図 2018年1月23日12UTC 衛星赤外画像
橙色×印は下層渦、オレンジ線は下層雲の縁、白線は地上の等圧線(4hPa間隔)とじょう乱を示す。

5. 2. 3. 2 アジア 300hPa・500hPa・700hPa・850hPa 高層天気図解析

(1) 1月23日 00UTC

300hPa 天気図（第5.2.29図）では9000m付近と9240~9360m付近等に強風軸が解析される。特に9240~9360m付近の強風軸は、衛星水蒸気画像（第5.2.24図）のバウンダリーと対応している。衛星赤外画像や衛星可視画像では低気圧の下層渦が確認でき、それによって、低気圧が強風軸の北側に位置するようになったことがわかる。また、500hPa 天気図（第5.2.29図）では、日本の東の5280m付近に上層渦に対応するトラフがみられ、これが地上の低気圧の直上に位置している。また、強風軸は5460mや5700m付近等に解析され、5460mの強風軸が閉塞点に対応すると考えられる。500hPaでも300hPaと同様に衛星画像から解析された地上低気圧が強風軸の北側に位置するようになった。これらのことから、低気圧に伴う前線が閉塞し最盛期に達したことがわかる。

700hPaでは閉塞前線から寒冷前線にあたる領域に沿って、湿り域が解析されている。また、低気圧の中心に向かって西側から乾いた領域がのびていて、衛星水蒸気画像でみられるドライスロットに対応している。

850hPa 天気図では、北緯38度、東経150度付近に3°C~9°Cの温度線が南から北に向かってくさび状に入りこんでおり、この温度線の盛り上がりの頂点と500hPaの5400m付近の強風軸との交点には閉塞点が解析できる。

5. 2. 3. 3 低気圧解析・前線解析の根拠、注目する実況観測

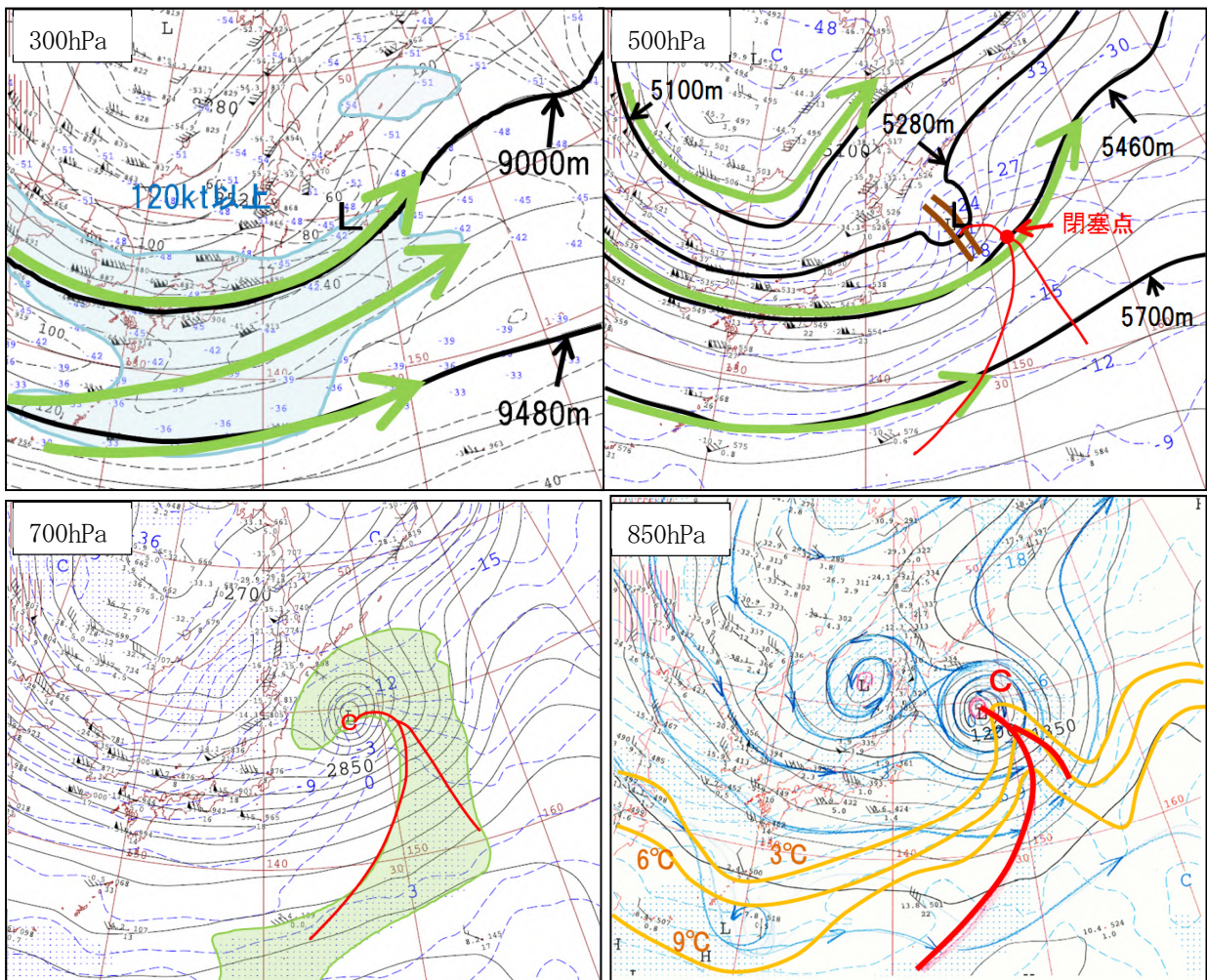
(1) 1月23日 00UTC から 12UTC

22日18UTCから23日00UTC、23日12UTCにかけては海上であるため、低気圧付近の地上気象観測データはない。ただ、衛星画像から中心位置は明瞭であることから、衛星解析に基づいて低気圧の中心を決定する。

中心気圧については衛星画像で低気圧の発達が顕著であることと、数値予報モデルでも 23 日夜にかけて低気圧の発達が予想されていることなどから中心気圧をさらに深めて解析する。その結果、23 日 00UTC には 972hPa (第 5.2.30 図)、23 日 12UTC には 960hPa (第 5.2.31 図) となった。

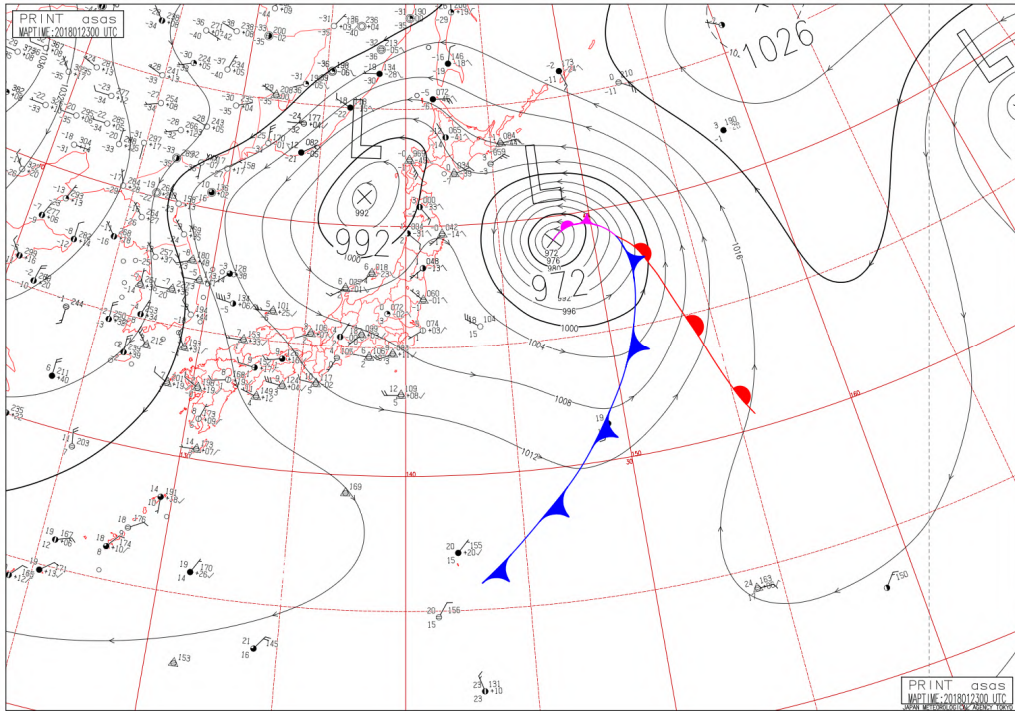
前線についても、地上気象観測データがないことから、衛星解析に基づいて決定する。

寒冷前線は、23 日 00UTC の衛星可視画像 (第 5.2.26 図) の雲バンドに沿って解析した。この雲バンドは、850hPa の等相当温位線の集中帯にも一致する。また、父島の 850hPa の風向が北西であることから、前線は父島の南に解析した。閉塞点は、500hPa の強風軸と低気圧近傍の下層雲の縁の交点に解析する。衛星水蒸気画像 (第 5.2.24 図、第 5.2.27 図) においては強風軸と暗域との対応も確認する。温暖前線は衛星画像からは不明瞭なので、これまでの解析に沿って、850hPa 気温 6°C 付近 (第 5.2.29 図) を参考に、等相当温位線の集中帯 (第 5.2.32 図) と風向シアも考慮しながら解析する。閉塞点は、500hPa の強風軸解析を踏まえて、ドライスロット縁辺の対流雲の縁辺 (第 5.2.26 図に橙色線で表示) と衛星水蒸気画像 (第 5.2.24 図) のバウンダリーの交点に解析できる。温暖前線は等相当温位線の集中帯の南端と風向シアから推定した。

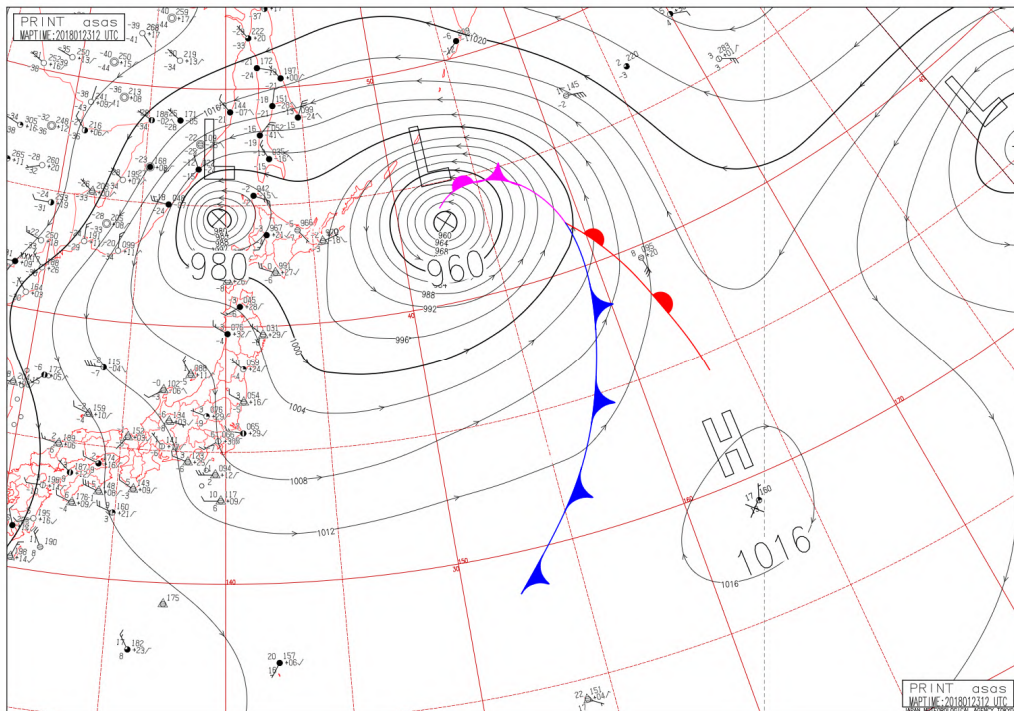


第 5.2.29 図 2018 年 1 月 23 日 00UTC 高層天気図 300hPa、500hPa、700hPa、850hPa

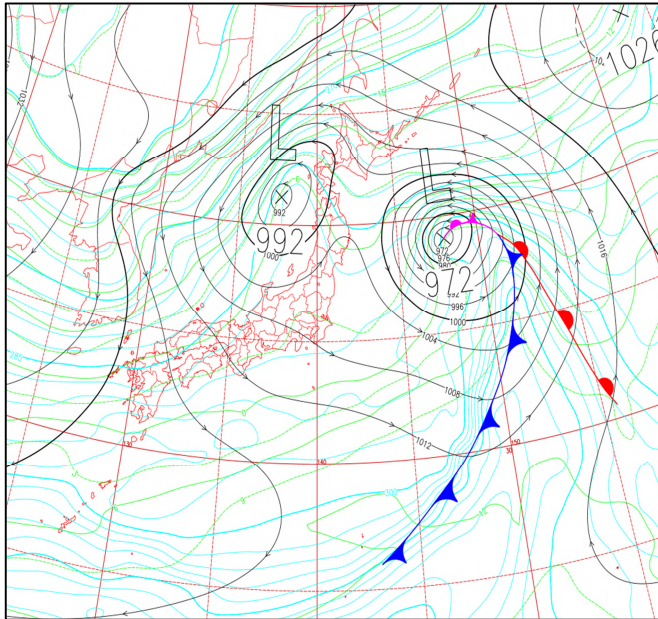
緑矢印：強風軸、水色領域：風速 120kt 以上、茶色二重線：トラフ、L：地上低気圧の位置、黄緑領域：湿数 3°C 以下、赤線：地上前線の位置 (850hPa は 850hPa 面での前線)、C：低気圧性循環



第 5.2.30 図 2018 年 1 月 23 日 00UTC の地上天気図



第 5.2.31 図 2018 年 1 月 23 日 12UTC の地上天気図



第 5.2.32 図 2018 年 1 月 23 日 00UTC 850hPa の相当温位

水色線は 850hPa の等相当温位 (3[K] 間隔)、緑色線は 850hPa の気温、黒線は地上等圧線 (4hPa 間隔)。

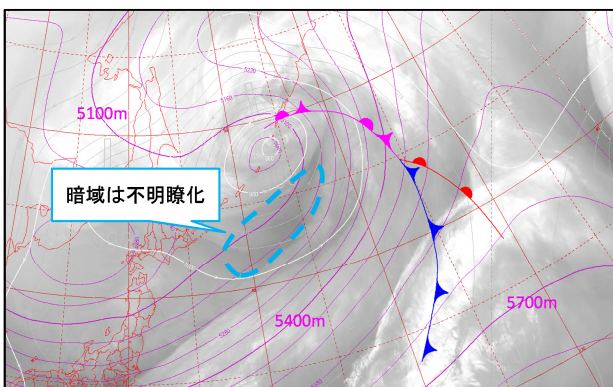
5. 2. 4 衰弱期 1 月 23 日 18UTC~24 日 06UTC

1 月 23 日 18UTC には低気圧は千島近海に達し、中心気圧は 960hPa まで深まった。23 日 12UTC には閉塞前線が中心から離れて解析され、低気圧は最盛期を過ぎて衰弱期に入った。その後、低気圧は北西に進路を変えて上層の寒冷渦の直下に移動、それとともに中心付近の閉塞前線は徐々に不明瞭化して、低気圧は前線を持たない孤立した下層の低気圧性循環へと変化した。

5. 2. 4. 1 衛星画像解析

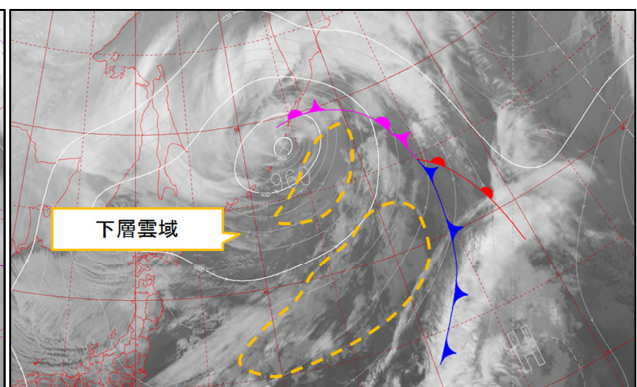
(1) 1 月 23 日 18UTC から 24 日 00UTC

衛星水蒸気画像 (第 5.2.33 図) では、これまで明瞭にみられたバウンダリーが不明瞭となり、低気圧中心付近は暗域が不明瞭になった。衛星赤外画像 (第 5.2.34 図 橙色破線) では、低気圧の南から南東にかけては明るい灰色となっているが、衛星可視画像 (第 5.2.35 図 橙色破線) では明るい灰色の層状の領域が広がっており、背の低い下層雲に覆われていることがわかる。また低気圧近傍の下層雲の縁が不明瞭となったことから、閉塞前線が衰弱したと判断した。以上のことから低気圧は衰弱期に入っていると考えられる。



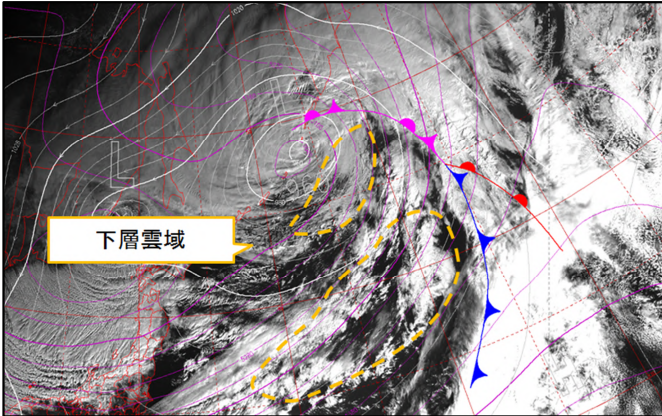
第 5.2.33 図 2018 年 1 月 24 日 00UTC 衛星水蒸気画像

マゼンタ線は 500hPa の高度 (60m 間隔)、青色破線は暗域、白線は地上の等圧線 (4hPa 間隔) とじょう乱を示す。



第 5.2.34 図 2018 年 1 月 24 日 00UTC 衛星赤外画像

橙色破線は下層の雲域、白線は地上の等圧線 (4hPa 間隔) とじょう乱を示す。



第 5.2.35 図 2018 年 1 月 24 日 00UTC

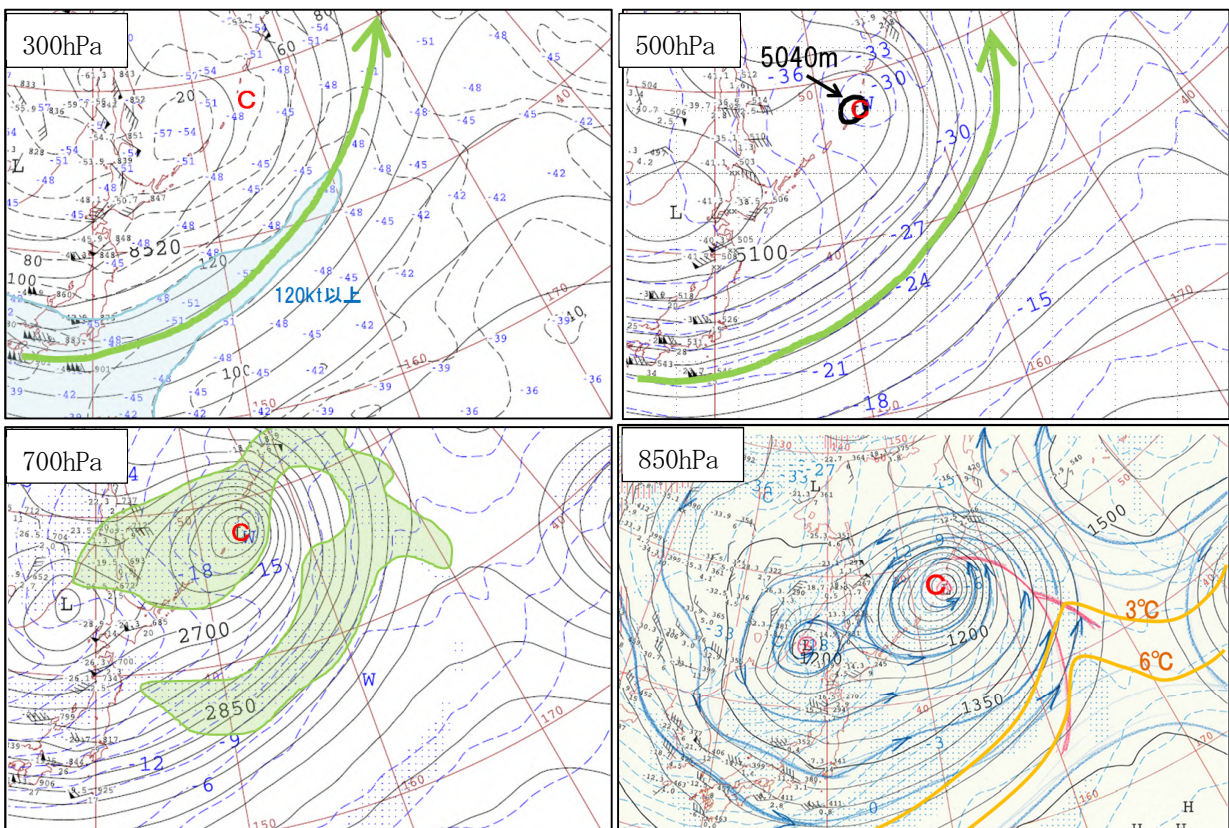
衛星可視画像

橙色破線は下層の雲域、白線は地上の等圧線 (4hPa 間隔) とじょう乱を示す。

5. 2. 4. 2 アジア 300hPa・500hPa・700hPa・850hPa 高層天気図解析

(1) 1 月 24 日 00UTC

500hPa 天気図 (第 5.2.36 図) では、地上の低気圧の直上に 5040m の渦がみられる。一方、低気圧の南東側の日本のはるか東では 850hPa の気温 3°C と 6°C の間隔が広くなるなど、最盛期に比べて寒冷前線に対応する 850hPa の等温度線の集中が弱まっていることから、前線が不明瞭になっていることがわかる。



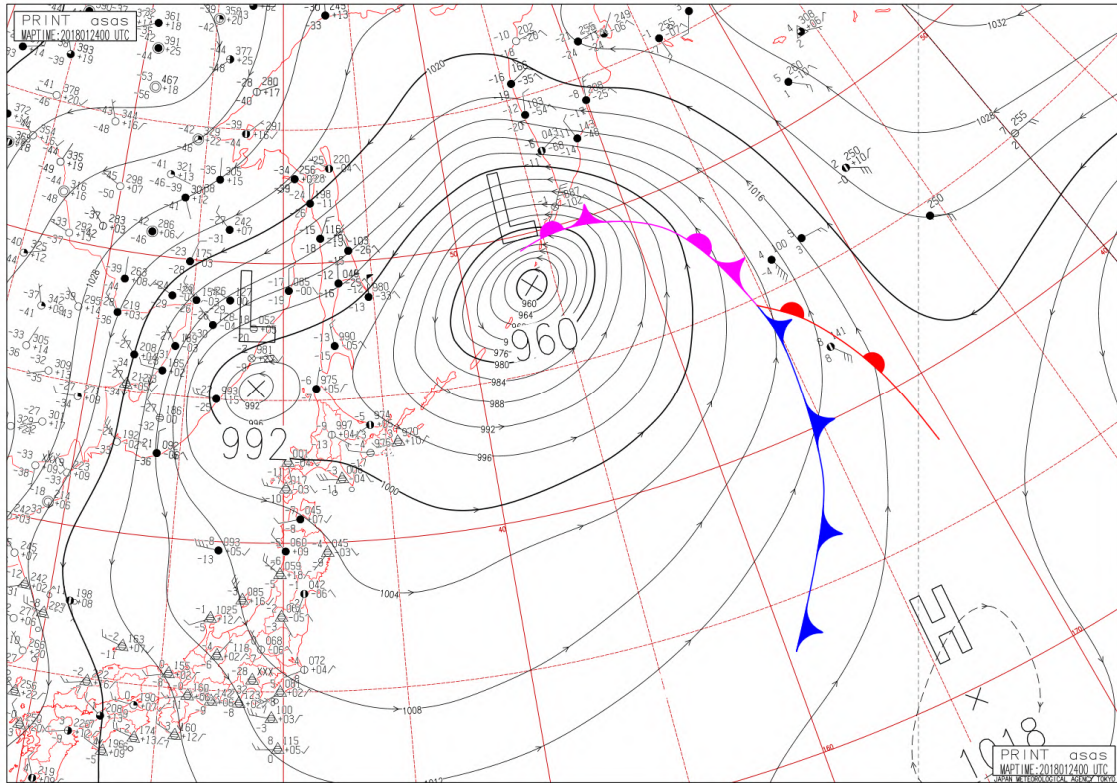
第 5.2.36 図 2018 年 1 月 24 日 00UTC 高層天気図 300hPa、500hPa、700hPa、850hPa

緑矢印：強風軸、水色領域：風速 120kt 以上、黄緑領域：湿数 3°C 以下、青矢印：流線、赤線：地上前線の位置、
C：低気圧性循環

5. 2. 4. 3 低気圧解析・前線解析の根拠、注目する実況観測

(1) 1月24日00UTC

中心付近の地上観測データはないが、千島列島の観測から、中心気圧は960hPa（第5.2.37図）に解析できる。しかし、最盛期に比べると周辺の等圧線の間隔は大きくなっており、最大風速も55ktと解析した。



第5.2.37図 2018年1月24日00UTCの地上天気図

5. 3 まとめ

日本付近での温帯低気圧の事例を対象として、天気図解析の根拠や考え方について解説した。

今回取り上げた低気圧は、22日12UTCからの24時間で38hPaも中心気圧が深くなるような急速な発達となり、珍しい現象であったといえる。急速な発達の要因としては、以下のようなものが考えられる。

- ・ 発生期から発達期にかけて、低気圧の西側に上層のトラフが位置して上層ほど気圧の谷が西に傾いた状態だった。
- ・ 発達期から最盛期では、高層気象観測やウィンドプロファイラ、地上の観測などで、低気圧の前面で暖気移流が強いことが裏付けられた。
- ・ 低気圧の後面では寒気移流が顕著で、前線の南北での温度傾度も大きかった。
- ・ 発生期から衰弱期に至るまで低気圧や前線がほとんど海上に位置しており、地形による衰弱がなかった。

総観規模の低気圧解析では、衛星画像解析による雲の解析によって低気圧の発達段階を把握すること、高層天気図解析によって、強風軸の位置や下層の温度場を解析して3次元構造を把握することが重要である。それに加えて、地上観測データなどを詳細に解析することで最終的な低気圧中心位置や中心気圧、前線の位置を決定することができる。

本事例では、日本付近を通過した際に詳細な地上気圧解析が可能であり、中心気圧の急速な発達を捉える

ことができた。また、いくつかの観測点では、寒冷前線の通過に伴う気温の下降や、風向風速の急変を捉えることができ、前線位置をより正確に決定することができた。数値予報モデルの予想だけに頼るのではなく、これらの観測データを丁寧に解析することで、より正確な低気圧の解析を行うことができる。

解析に当たっては、低気圧の発達段階を把握することも大事である。それによって、低気圧がこれから発達するのか、衰弱に向かうのかを理解してより正確な解析が可能となる。

数値予報モデルと実況の差異を適切に把握することは、よりよい予報作業のために欠かせない。本稿が日々の予報作業の一助となることを期待する。

参考文献

加藤輝之, 廣川康隆, 2012: 大雨を発生させやすい環境場について. 平成 23 年度予報技術研修テキスト, 気象庁予報部, 86-100.

北島尚子, 2013: 台風の温帯低気圧化. 気象研究ノート, **226**, 127-148.

気象研究所, 2012: 平成 24 年 4 月 2~3 日に急発達した低気圧について. 気象庁報道発表資料.

(<http://www.jma.go.jp/jma/press/1204/06a/20120406teikiatsu.html>) .

Lackmann, G., 2011: Midlatitude synoptic meteorology:dynamics, analysis, and forecasting. Amer. Met. Soc., ISBN 978-1-878220-10-3, 345pp.

Thorpe. A. J., 1986: Synoptic disturbances with circular symmetry. Mon. Wea. Rev., **114**, 1384-1389.

気象衛星センター, 2000: 気象衛星画像の解析と利用.

気象衛星センター, 2002: 気象衛星画像の解析と利用 ー航空気象編ー, 9-26.

山岸米二郎, 2007: 気象予報のための前線の知識.