

衛星画像から見た温帯低気圧の発達パターン
(コンマ型雲)

Development Patterns of Depressions in Mid-Latitudes on Satellite Images
(Comma Cloud)

安部 俊司
AMBE shunji

Abstract

Fuchita (Meteorological Satellite Center, Analysis division) reported the instant-occlusion-patterns in the last Technical Note (No. 43) among the development patterns of an extratropical depression analyzable from a daily satellite picture.

As the series, since the comma type development pattern is investigated, it is reported.

Many comma clouds are seen in cold half year, and appear at polar side of middle-latitude baroclinic belt. The depression corresponding to comma clouds is also called Polar low, and also usually differs from the development of normal depression.

Development of comma cloud requires ascending motion by vorticity advection in middle atmosphere and supply of the sensible heat and the latent heat from warm sea surface. Although small scale comma cloud develops in the low baroclinic area, in the case of development to synoptic depression, the baroclinic instability is required.

要 旨

日々の衛星画像から解析できる温帯低気圧の発達パターンには、ビヤークネスが提唱した前線波動から発達する通常型と、コンマ型、インスタントオクルージョン型の3つの型があるといわれている。このうちのインスタントオクルージョン型については、前回の気象衛星センター技術報告43号(2004)にて澁田が報告した。

今回の報告はその一連のシリーズとして、コンマ型の発達パターンについて、特にGMS-5より利用可能となった水蒸気画像を多く用い調査を行ったので報告する。

コンマ型雲は、寒候期に多く見られる温帯低気圧の発達パターンのひとつで、中緯度傾圧帯の極側の寒気場内で起きる現象である。コンマ型雲に対応した低気圧は、ポーラロー(Polar Low)とも呼ばれ、通常型の発達とも違う。コンマ型雲の発達は、中層の正渦度移流による上昇流や暖かい海面からの顕熱・潜熱の補給が重要である。スケールの小さなコンマ型雲は傾圧性の弱い領域で発生するが、総観規模の低気圧にまで発達するコンマ型雲の場合は、傾圧不安定の要素も加わる。

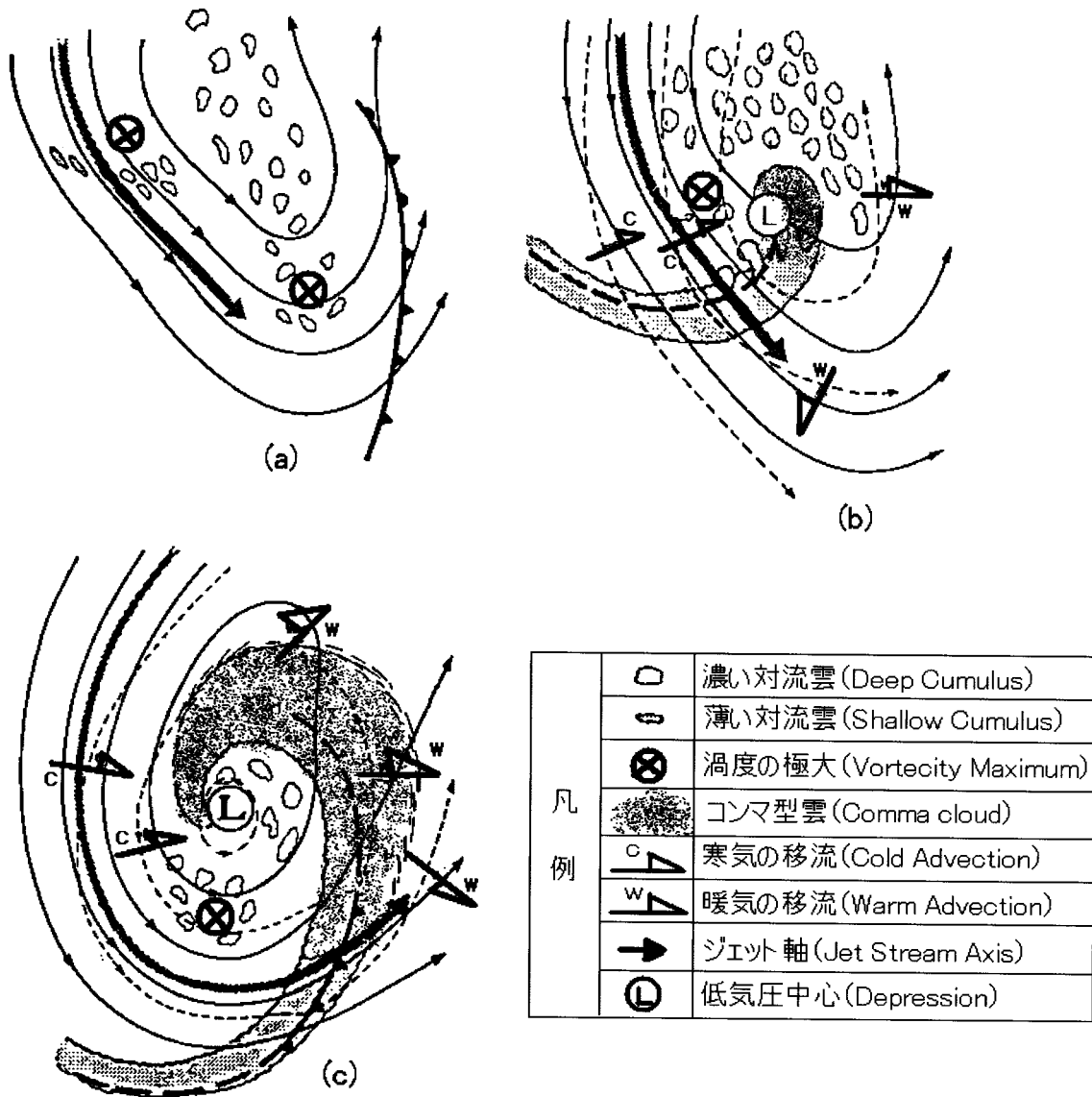


Fig.1 コンマ型雲のモデル図 (Reed and Blier:1986) の雲域にハッチを加筆
実線は500hPa等圧線を、破線は地上線を示す。

I. コンマ型雲のライフサイクル

Fig.1はコンマ型雲の発達パターンのライフサイクルを示すものである。図中、(a)は発生期を、(b)は発達期を、(c)は最盛期を示す。

発生期は、対流雲が寒気場内の正渦度近傍で発生するが、まだ組織化していない。

発達期になると、コンマ型の雲が形成され、コンマの頭部には低気圧が解析される。雲域の前面で暖気移流が始まり、後面では寒気移流が強まる。

最盛期には、コンマ型雲は長波のトラフの前面に進み、コンマの尾の部分は、寒冷前線の特徴を備える。

衛星画像で見ると、日本の東の海洋上で発生するコンマ型雲は、主要な傾圧帯から離れた寒気場内で発生している。発生当初の雲域は短波のトラフに対応したオープンセルやエンハンスド積雲からなり、海面からの顕熱や潜熱の補給が発達に重要な役割を果たすことを示唆している。雲域は主要なトラフの前面に移動するにつれ、コンマ型雲に発達する。

このコンマ型雲の発達過程を、2003年3月13日～16日を例にとり解析を行う。

Ⅱ. コンマ型雲の発達過程

(1) 発生期【3月13日18UTC】

Fig.2の地上天気図を見ると、カムチャッカ半島南端に1002hPaの低気圧Bがある。一方、日本付近には1030hPaの高気圧がある。

これを見ると、北日本付近からその東海上にかけては、北からの寒気が流れ込みやすい、弱い冬型の気圧配置となっている。

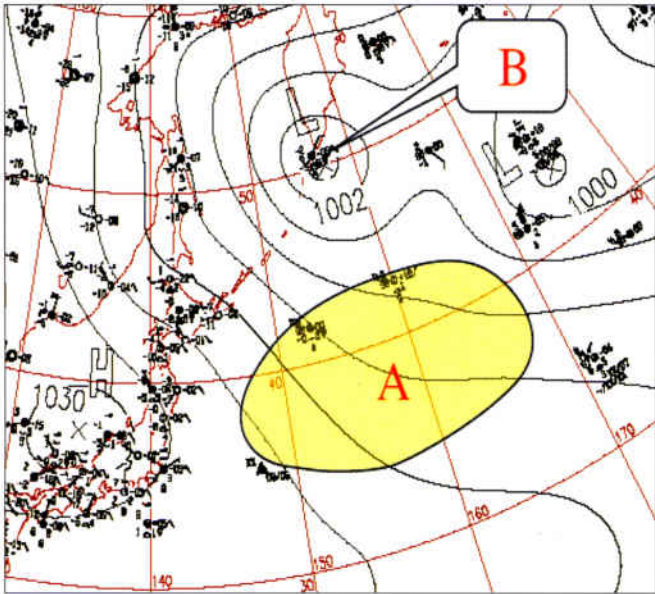


Fig.2 3月13日18UTC地上天気図

GMS-5より導入された水蒸気画像は、水蒸気をトレーサーとして、上・中層の流れを可視化するもので、この画像からジェットや上層渦、トラフの位置を解析することができる。暗域は乾燥域を表し、明域は水蒸気の多いところを表している。この暗域と明域の境を表すバウンダリーは、ジェットの軸やトラフなどに良

く対応する。本調査においては暗域を橙で、明域を緑で強調表示している。

Fig.3の水蒸気画像を見ると、50N,157E付近に上層渦Bが解析できる。沿海州から東北地方南部を通過し、日本の東海上にかけてはバウンダリー（暗域と明域の境界）があり、この線上にポーラージェットが解析できる(水色実線矢印)。GPVの300hPa気温からも、このポーラージェットは、-54℃以上の強い寒気の流れであることが推測できる。

Fig.4の赤外画像を見ると、低気圧Bに対応する下層渦が、上層渦Bの直下にある。また、領域Aは、オープンセル(海上の低気圧の後面に広く散在する対流雲域で、北からの寒気の強さを示す指標となる)となっている。Fig.3の水色破線の矢印で示すように、周辺からこの領域に寒気が流れ込んでいることを示している。領域A付近では対流雲がまとまり、低気圧性下層循環はFig.4の×印付近に解析できる。Fig.2の地上天気図では領域Aに該当する場所で低気圧は解析されておらず、気圧はおおよそ1008~1024hPaとなっている。

GPVからは、領域A付近に、500hPaで-36℃の寒気が垂れ下がっている。また、500hPaにおける正渦度の極大域も領域Aに数箇所解析できる(Fig.4の橙色で強調した点線内)。

前述した×印は、この正渦度の極大域に解析できる。また、この×印に向かう形で、沿海州からサハリン南部を経てポーラージェットが入り込んでいる。GPVの300hPa気温から、-55℃以下の強い寒気であることが分かる。

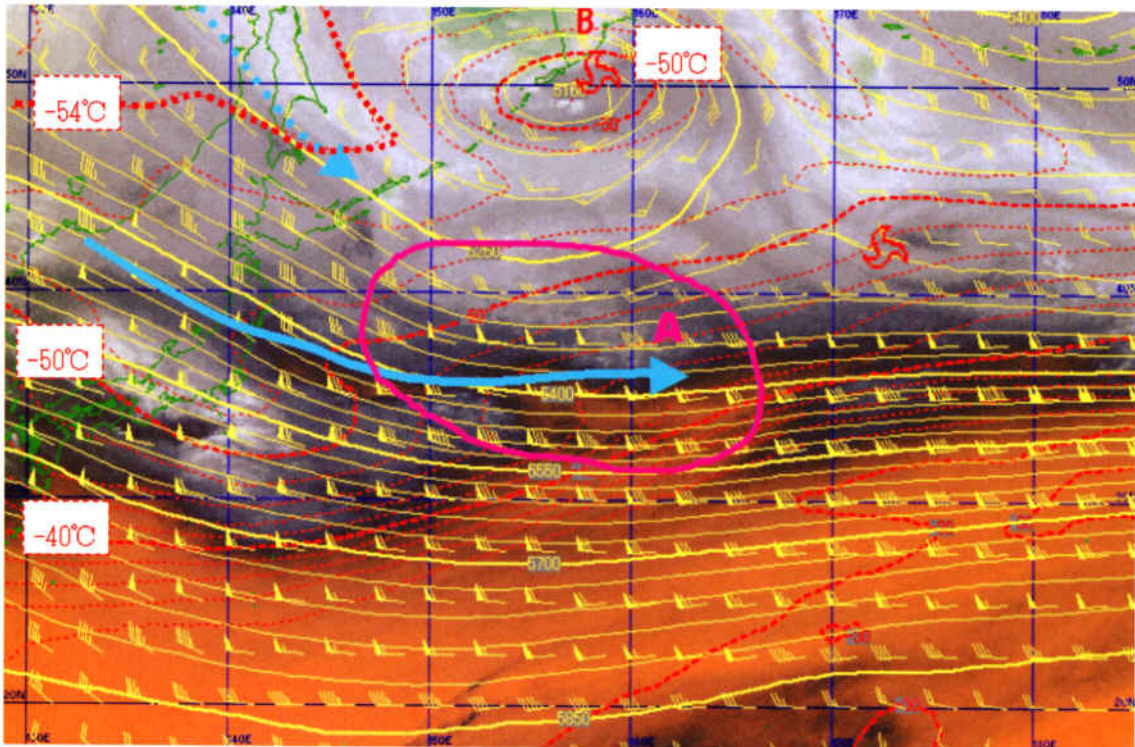


Fig.3 3月13日18UTCにおける水蒸気画像
 (矢羽根：GPVによる500hPa風向・風速、黄色線：GPVによる500hPa高度、
 赤線：GPVによる300hPa高度)

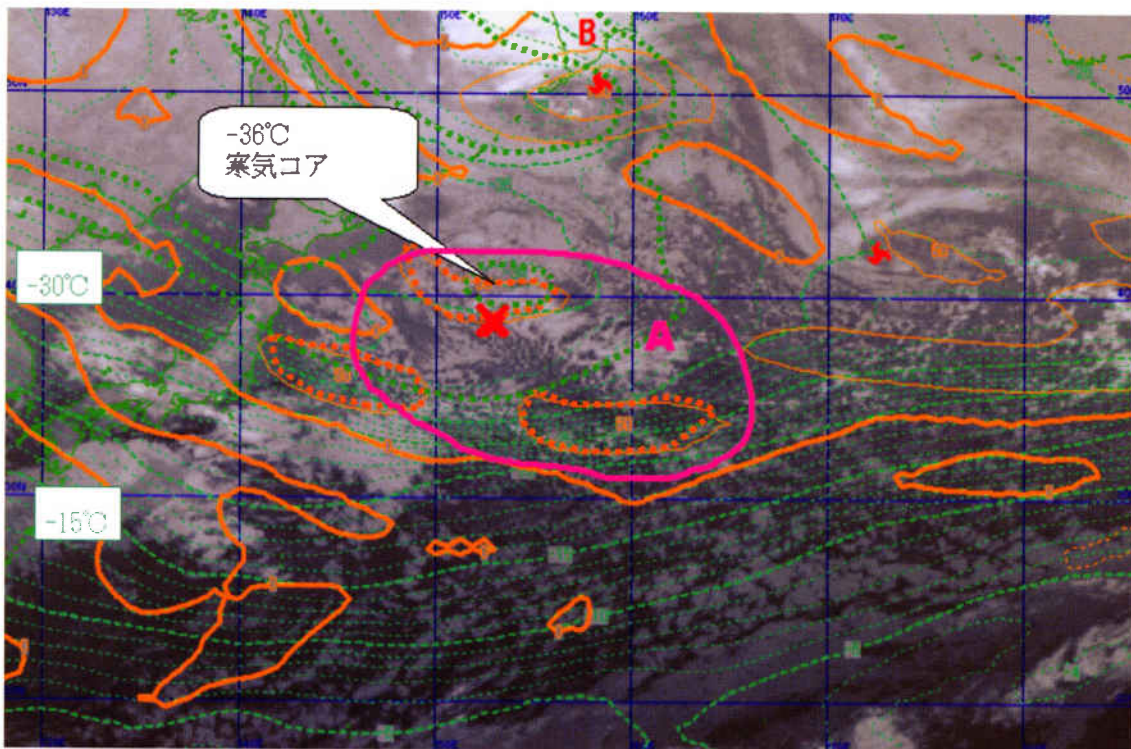


Fig.4 3月13日18UTCにおける赤外画像
 (橙線：500hPaにおける渦度、緑線：GPVから求めた500hPa気温)
 500hPa気温に関しては、説明の必要上、太点線により一部強調してある

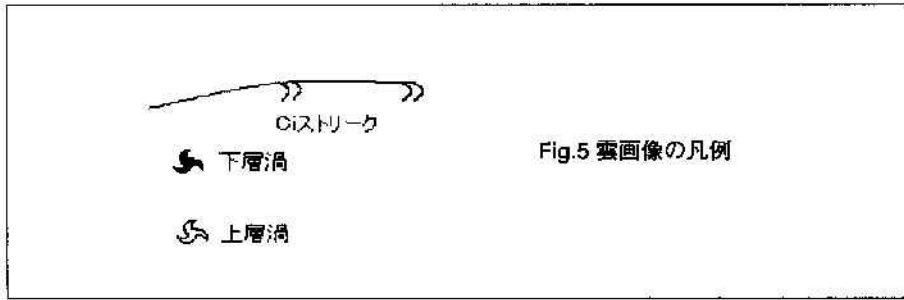


Fig.5 雲画像の凡例

(2)発達前期【3月14日18UTC】

地上天気図 (Fig.6) を見ると、これまで低気圧として解析されていなかった雲域Aの箇所に、1012hPaの低気圧Cが解析されている。

水蒸気画像(Fig.7)を見ると、領域Aの後面では、暗域がより明瞭となり、トラフが解析されるようになる。GPVで見ると、このトラフ付近に強い寒気(300hPaで-51℃)が解析できる。水蒸気画像で見える暗域はさらに暗化している。このことより、領域Aの後面で寒気移流が強まっていることがわかる。

赤外画像(Fig.8)を見ると、領域A内の東側にある雲域は雲頂高度を増し、コンマ状になっている。このコンマ型雲の頭の部分では、バルジ（前線性雲バンドが、寒気側に高気圧性曲率をもって膨らむ現象。前線波動や低気圧の発達に対応する）を示し、そのバルジの根元ではフック(バルジの根元にできる、雲域の低気圧性曲率と高気圧性曲率の変曲点で、後に低気圧として発達しやすい)CとDが解析できる。フックは、雲域後面か

らの寒気流入を示すもので、低気圧の発達に対応する。Fig.8の赤外画像では一見、1つの対流雲域であるように見える雲域A内のフックC、Dの位相であるが、北からの寒気が、総体的に暖かい海水からの水蒸気を凝結させて発生するコンマ型雲Cと、寒気の先端と南側の暖気がぶつかって発生する雲域Dは、Fig.9で示すように別の成因による位相である。

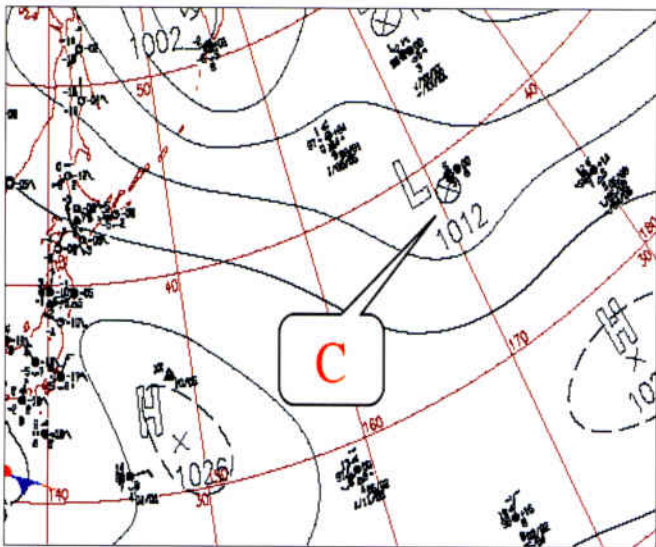


Fig.6 3月14日18UTC地上天気図

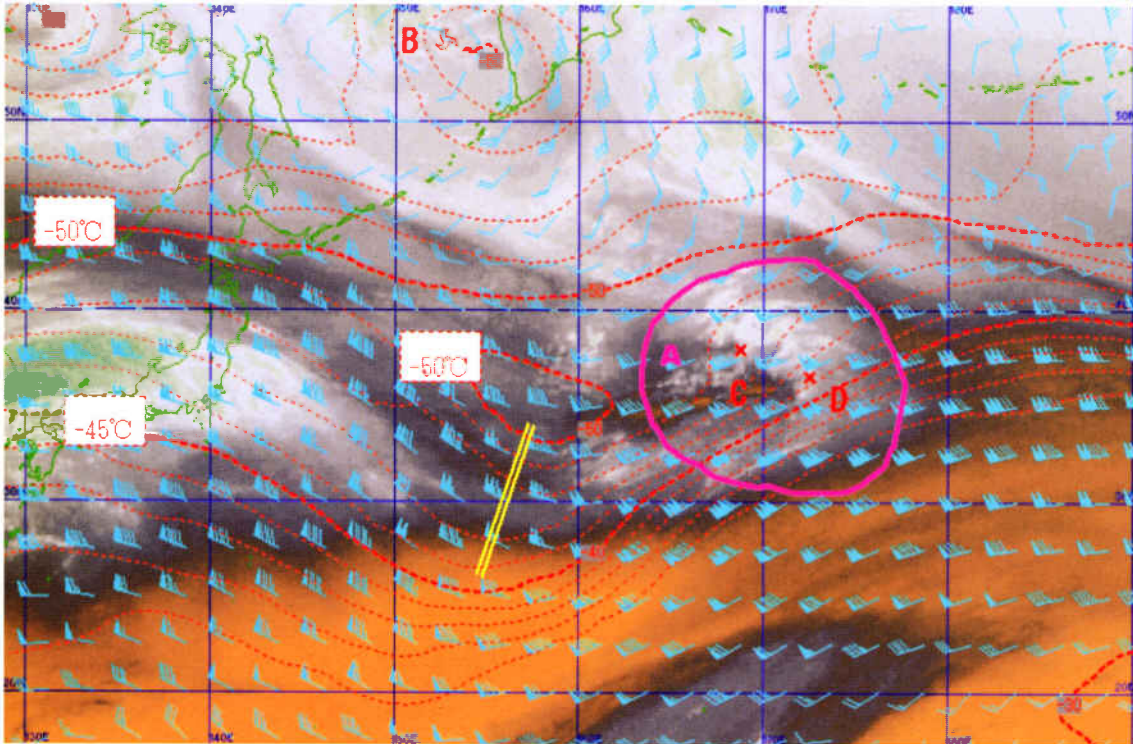


Fig.7 3月14日18UTCにおける水蒸気画像（黄二重線はトラフ、
矢羽根：GPVによる300hPa風向・風速、赤線：GPVによる300hPa気温）

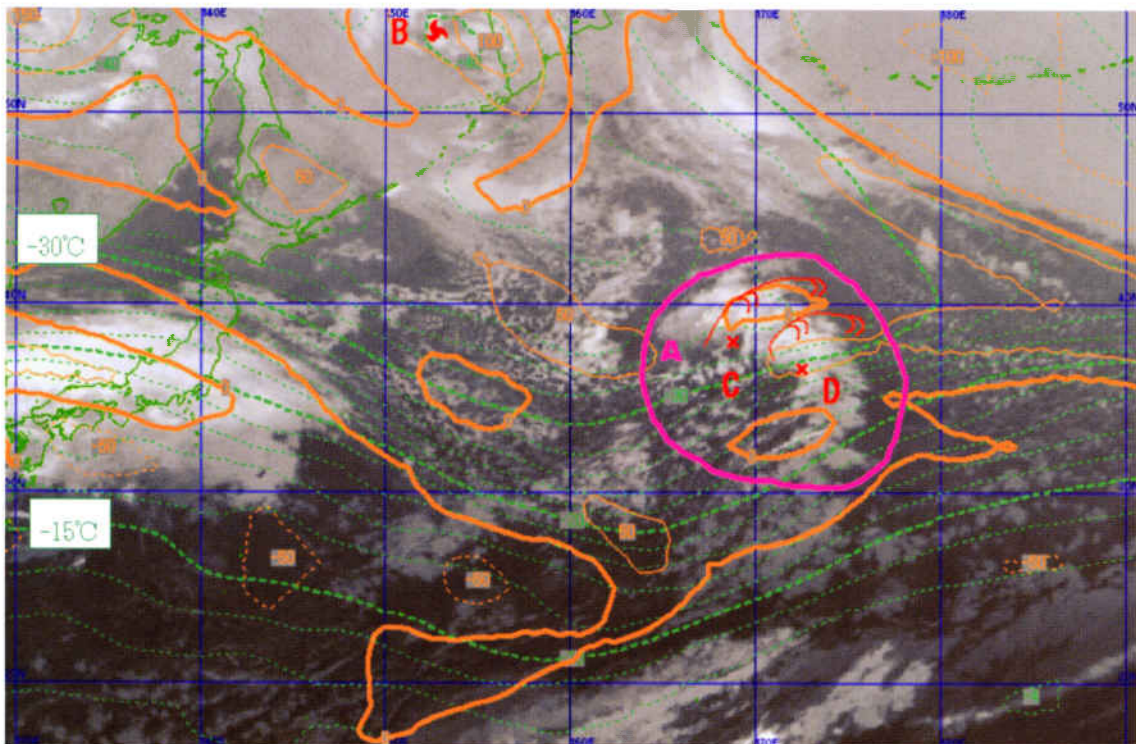


Fig.8 3月14日18UTCにおける赤外画像
（緑線：GPVから求めた500hPa気温、橙線：500hPaにおける渦度）

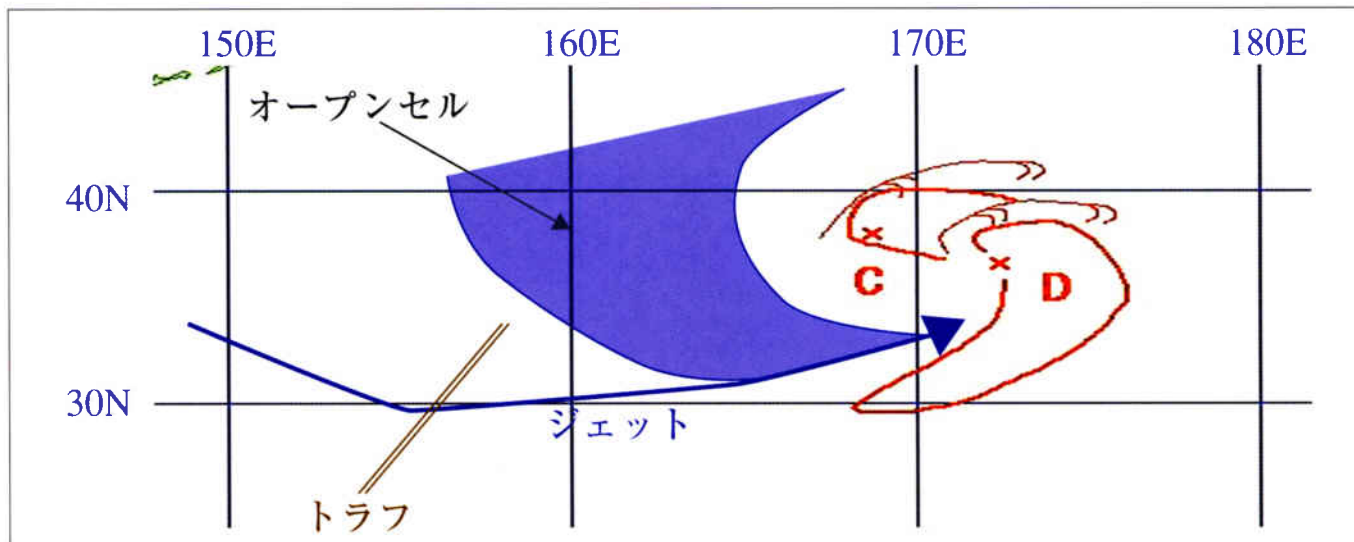


Fig.9 3月14日18UTCのコンマ型雲の模式図

(3)発達後期【3月15日00UTC】

Fig.10の地上天気図を見ると、コンマ型雲の雲域に対応し、1010hPaの低気圧Cが解析されている。この雲域の中心部が、13日18UTCで約1018hPaであったことを考えると、著しく気圧が低下している。

Fig.11の水蒸気画像を見ると、暗域から見たトラフのメアンダ(鞍部)がやや深まり、フックCと同じ位置にある上層渦Cと、フックDの間をジェットが貫流し、CとDは別の位相であるということが、この画像からも分かる。

Fig.12の赤外画像では、フックCは下層で低気圧性循環を示し、下層渦として解析できる(以降、フックCは下層渦Cとする)。GPVで見ると、500hPaにおいては、下層渦Cの後面で正渦度の極大値が解析される(Fig.12の黄色い点線内)。Fig.13の可視画像で見ると、フックDの雲域の尾の部分の西側(後面)には、寒気場であることを示す対流雲群(オープンセル)が発生している。そして、フックDの雲域の尾が、寒気の前線として、より一層発達の数合いを増している。Fig.14に発達後期の模式図を示す。

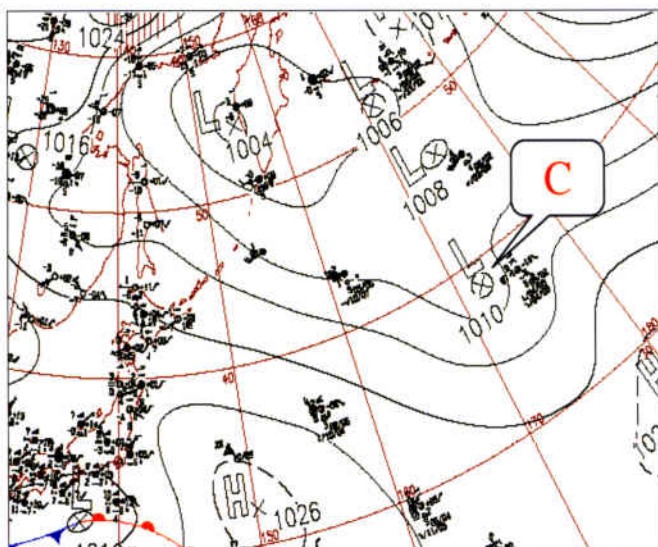


Fig.10 3月15日00UTC地上天気図

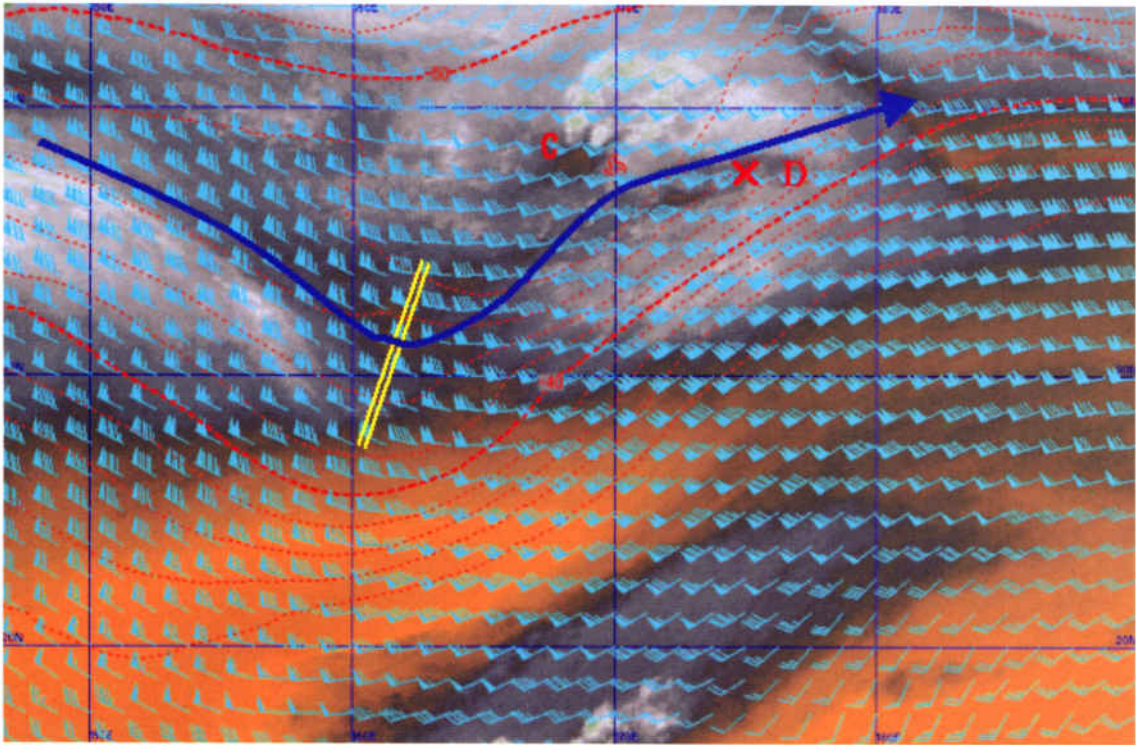


Fig.11 3月15日00UTC水蒸気画像
(矢羽根：GPVによる300hPa風速、赤線：GPVによる300hPa気温、
黄二重線はトラフ、青線はジェット)

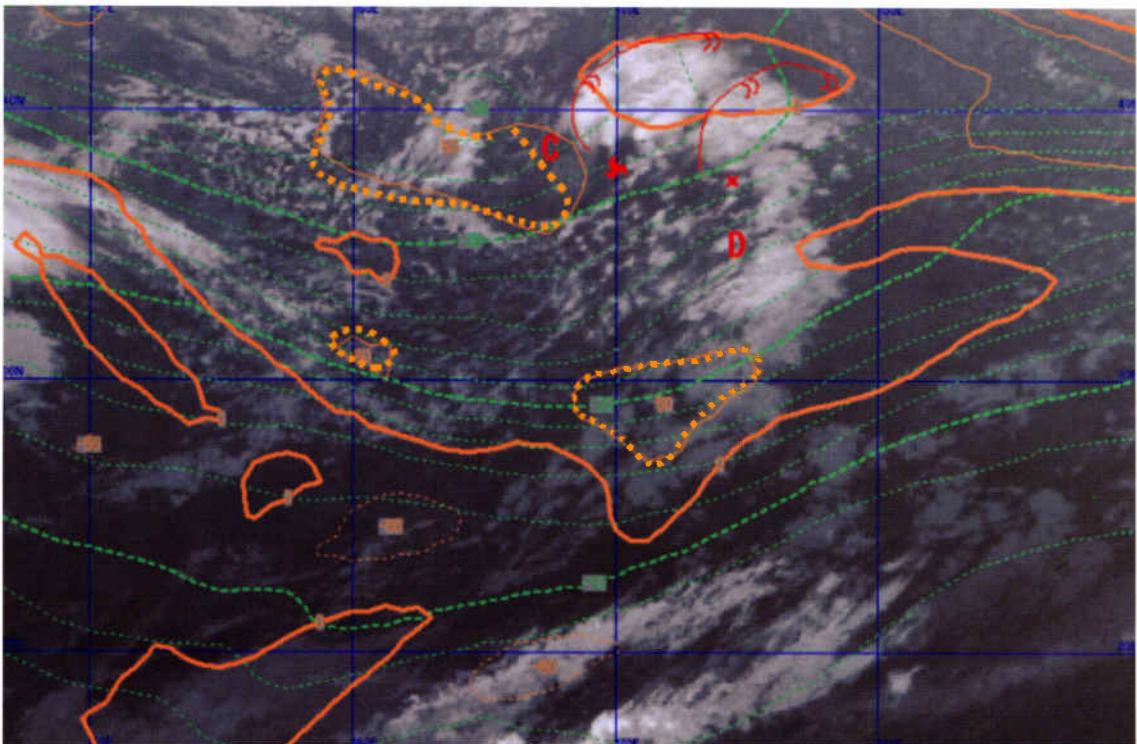


Fig.12 3月15日00UTC赤外画像
(水色線：GPVから求めた500hPa高度、橙線：500hPaにおける渦度)
500hPaにおける渦度は、説明のために一部強調

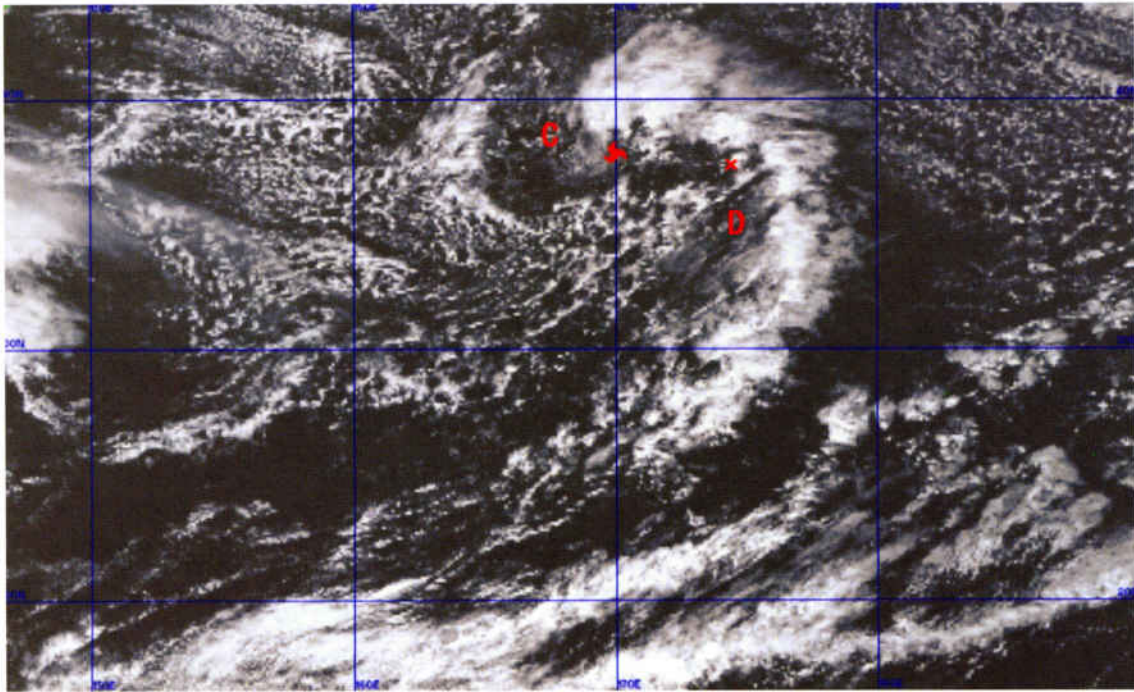


Fig.13 3月15日00UTC可視画像

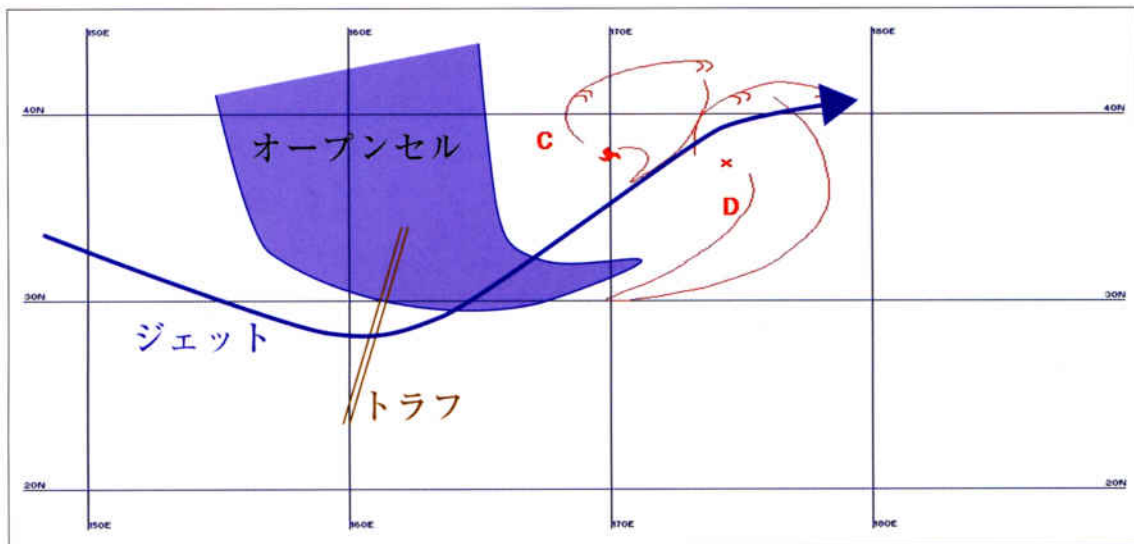


Fig.14 3月15日00UTCにおけるコンマ型雲の模式図

(4)最盛期 【3月16日00UTC】

Fig.15の地上天気図で見ると、コンマ型雲Cに対応する低気圧は1000hPaとなり、更に発達している。

Fig.16の水蒸気画像を見ると、コンマ型雲Cの後面にはジェットから北に分かれたドライスロットが入り込んでいる(橙色の矢印)。また、ジェットに対応するバウンダリーはコンマ型雲Cの南側を通っており、これは低気圧の寒気側の後面をトラフに対応する暗域が押す通常型の低気圧の最盛期とは異なる特徴である。

Fig.17の赤外画像で見ると、コンマ型雲は緯度にして5度近いスケールにまで発達している。そして、雲域Cの後面(南側)において、GPVでは500hPaで $100 \times 10^{-6} [\text{sec}^{-1}]$ 以上の正渦度の極大が解析されている(Fig.17の赤い点線内)。

また、コンマ型雲の南側のフックDはより明瞭化し、寒気の手前で対流雲列が発達しており、これらの雲域はFig.19の模式図のように表される。

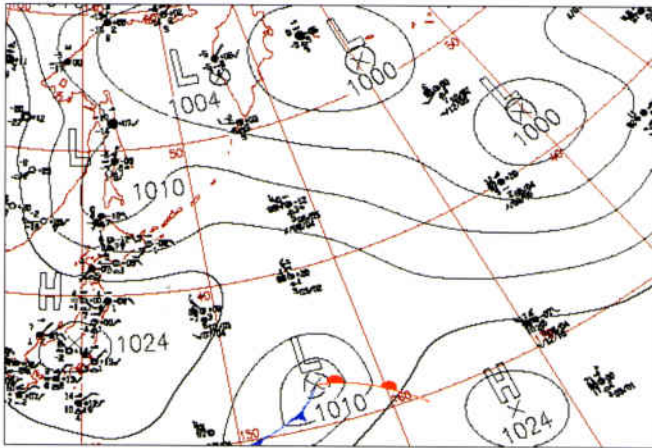


Fig.15 3月16日00UTC地上天気図

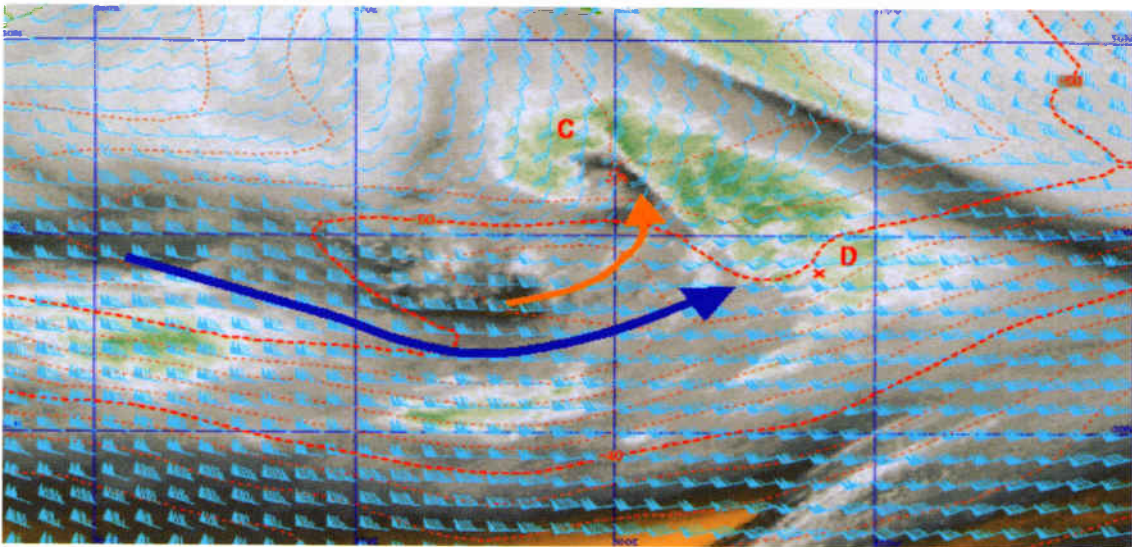


Fig.16 3月16日00UTCにおける水蒸気画像
(矢羽根：GPVによる300hPa風速、赤線：GPVによる300hPa気温、
青の矢印：ジェット、橙色の矢印：ドライスロット)

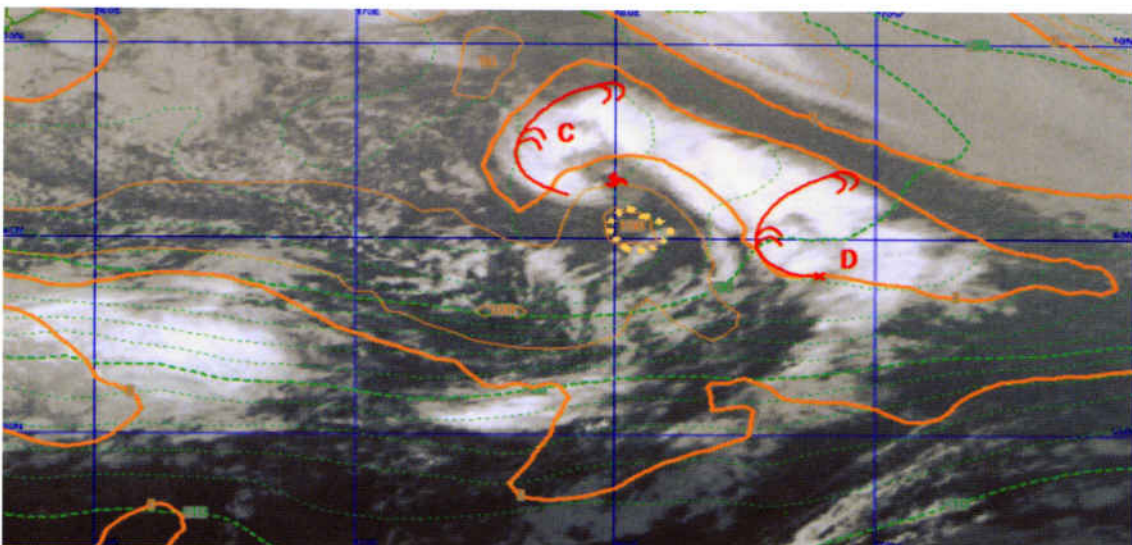


Fig.17 3月16日00UTCにおける赤外画像
(水色線：GPVから求めた500hPa高度、橙線：500hPaにおける渦度)

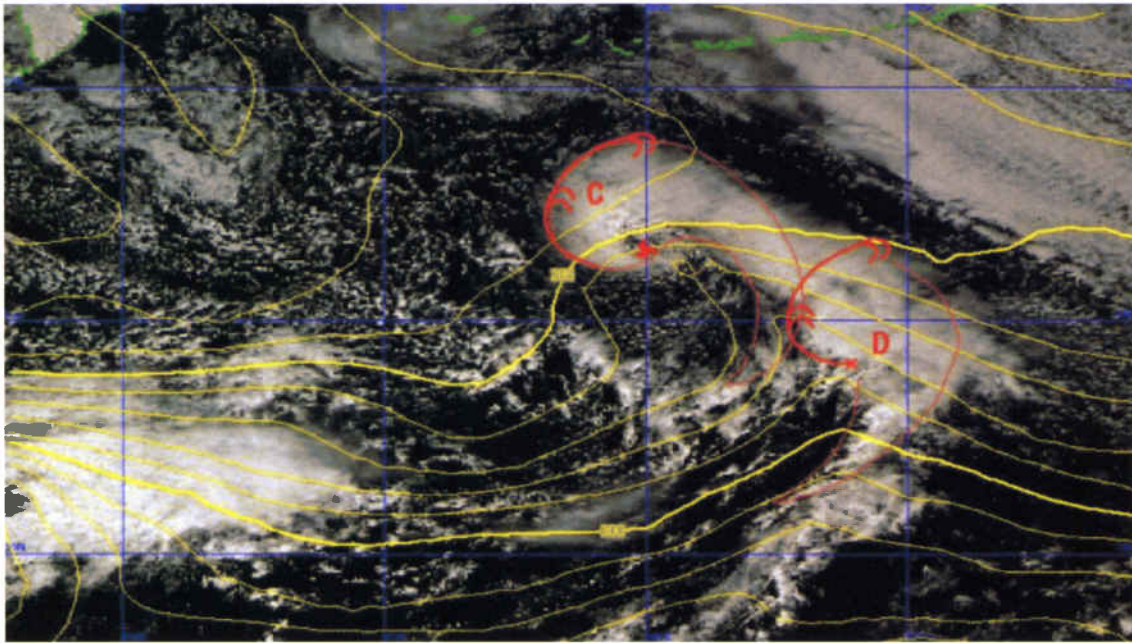


Fig.18 3月16日00UTCにおける可視画像
(黄色線：GPVから求めた850hPa等温線)

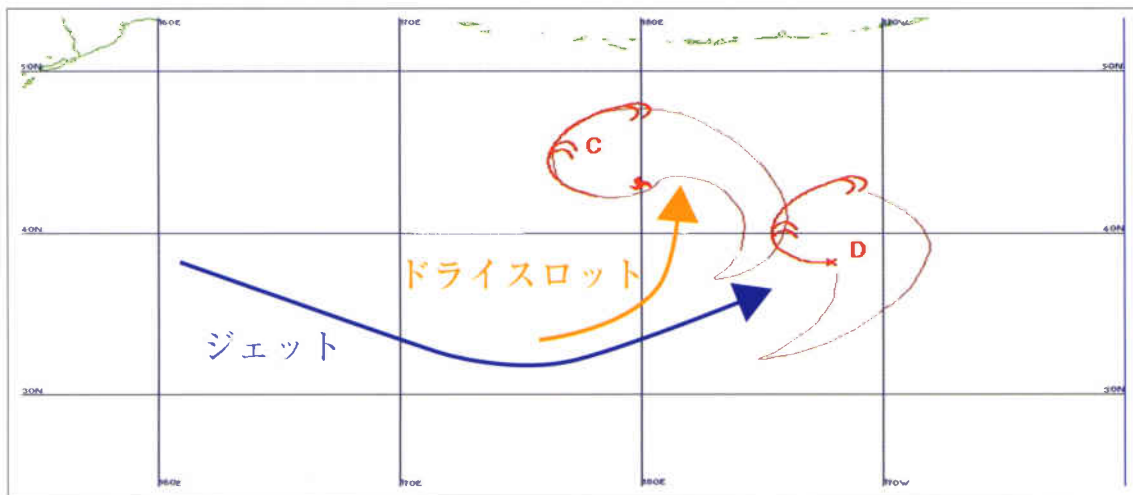


Fig.19 3月16日00UTCにおけるコンマ型雲の模式図

IV.まとめ

本調査では、日本の東海上におけるコンマ型雲の発達過程について報告したが、地上天気図において、低気圧を解析する以前に、衛星画像においてまとまりのある雲域が解析できることが分かる。

また、水蒸気画像で見える暗域の暗化の度合いやバウンダリーから、コンマ型雲後面の寒気の振る舞いやジェットの流れなどを、通常型の低気圧やインスタントオクルージョン型と比較しながら捉えることが可能となる。

コンマ型雲の後面(南側)にはドライスロットが入り

込んでいる。また、ジェットに対応するバウンダリーはコンマ型雲の南側を通過しており、これは低気圧の寒気側の後面をトラフに対応する暗域が押す通常型の低気圧の最盛期とは異なる特徴である。また、インスタントオクルージョン型に移行する前のコンマ型雲と同様に、水蒸気画像で見える上層渦はコンマ型雲の発生に大きく関与しており、この近傍でコンマ雲は発生・発達している。他の二つの型とおおきく違うことは、ジェットの流れからは切離された上層の寒気のコアと正渦度により成り立っている雲域であるということである。

V.参考文献

気象衛星センター(2000)：気象衛星画像の解析と利用

Reed,R.J.,and W.Blier(1986): A Case study of comma cloud development by the METEOSAT WV Channel Radiance Field, Mon. Wea.Rev, 109,2164-2176.

淵田信敏(2004)：衛星画像から見た温帯低気圧の発達パターン(インスタントオクルージョン),
気象衛星センター技術報告第43号、1-11