

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)

**Evolution Patterns of Depressions in Mid-Latitudes on Satellite Images
(Instant Occlusion)**

淵田 信敏
FUCHITA Nobutoshi

Abstract

On satellite imagery, evolution patterns of depressions in mid-latitudes are mostly recognized as classical patterns. (Meteorological Satellite Center: 2000) These depressions are formed at cold frontal waves as advocated by Bjerknes. However, some development cases are categorized as comma- or instant-occlusion-patterns.

Although several discussions on comma- or instant-occlusion-patterns have been reported, only infrared ($11\mu\text{m}$ band) and visible imagery ($0.6\mu\text{m}$ band) were utilized since water-vapor imagery ($6.7\mu\text{m}$ band) wasn't available. This paper describes analyses of upper jet streams, comma cloud systems, frontal cloud systems and the transition to the instant-occlusion-pattern using water-vapor imagery of GMS-5.

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は、ピヤークネス提唱の通常型（気象衛星センター：2000）と呼ばれる前線波動から発達する低気圧の型が最も多い。しかしこの型以外にも中緯度傾圧帯より極側で生起するコンマ型とインスタントオクルージョン型がまれに出現する。これまでコンマ型もしくはインスタントオクルージョン型について議論されてはきたが、水蒸気画像（ $6.7\mu\text{m}$ 帯）導入前の赤外画像（ $11\mu\text{m}$ 帯）と可視画像（ $0.6\mu\text{m}$ 帯）のみを使用した報告であった。この事例では、GMS-5より新たに取得できるようになった水蒸気画像を主に用いて上層のジェットやコンマ型雲・前線帯雲バンドの解析とインスタントオクルージョン型に移行する過程の解析を行ったので報告する。

*気象衛星センターデータ処理部解析課

受領および受理日：2003年9月12日受領、2003年12月2日受理

I、はじめに

コンマ型は、傾圧帯の極側から南下するコンマ型の雲域が中緯度の前線帯に接触する前に低気圧として発達する型であり、インスタントオクルージョン型は、傾圧帯の極側から南下するコンマ型の雲域が中緯度の前線帯に接触し前線帯雲バンドと併合し急速に閉塞パターンに移行する型である。これまでに、衛星画像から見たコンマ型とインスタントオクルージョン型については松本誠一（1987）やBrowning（1990）のレビューを訳した北嶋他（1995年、1997年）、隈部他（1997年）、気象衛星センター（2000年）、Alan J.Thorpe et al.（2003）等の報告がある。しかし、これらの調査は水蒸気画像導入前の赤外画像と可視画像を使用した報告が主であった。

GMS-5から新たに取得できるようになった水蒸気画像も、赤外画像と同様に温度の分布を表しており、温度の高い所を暗く、温度の低い所を白く画像化している。ただ、水蒸気画像の場合、水蒸気による吸収が支配的なので画像の明暗は上・中層の水蒸気が多寡に対

応するという特徴を持つ。このため、雲がなくても水蒸気をトレーサーとして上・中層の流れを可視化して見ることができる。この特性を利用して、画像で見られる明・暗領域のパターンから上・中層のジェットや上層渦・リッジ・トラフの位置を推定し、数値予報と比較すると、数値予報の遅れ・進みやトラフの深まり・浅まり具合をチェックし予報や注・警報に役立てることができる。通常、水蒸気画像のバウンダリー（暗域と明域の境界）から解析できるジェットは250～300hPaに、暗域の赤道側に凹になった部分や上層渦から解析できるトラフは300～400hPaの高さに対応することが多い。また、暗域は乾燥域を明域は湿潤域を表している。

この事例では、GMS-5より新たに取得できるようになった水蒸気画像を主に用いて上層のジェットやコンマ型雲・前線帯雲バンドの解析とインスタントオクルージョン型に移行する過程の解析を行ったので報告する。

II、インスタントオクルージョンのライフサイクルモデル

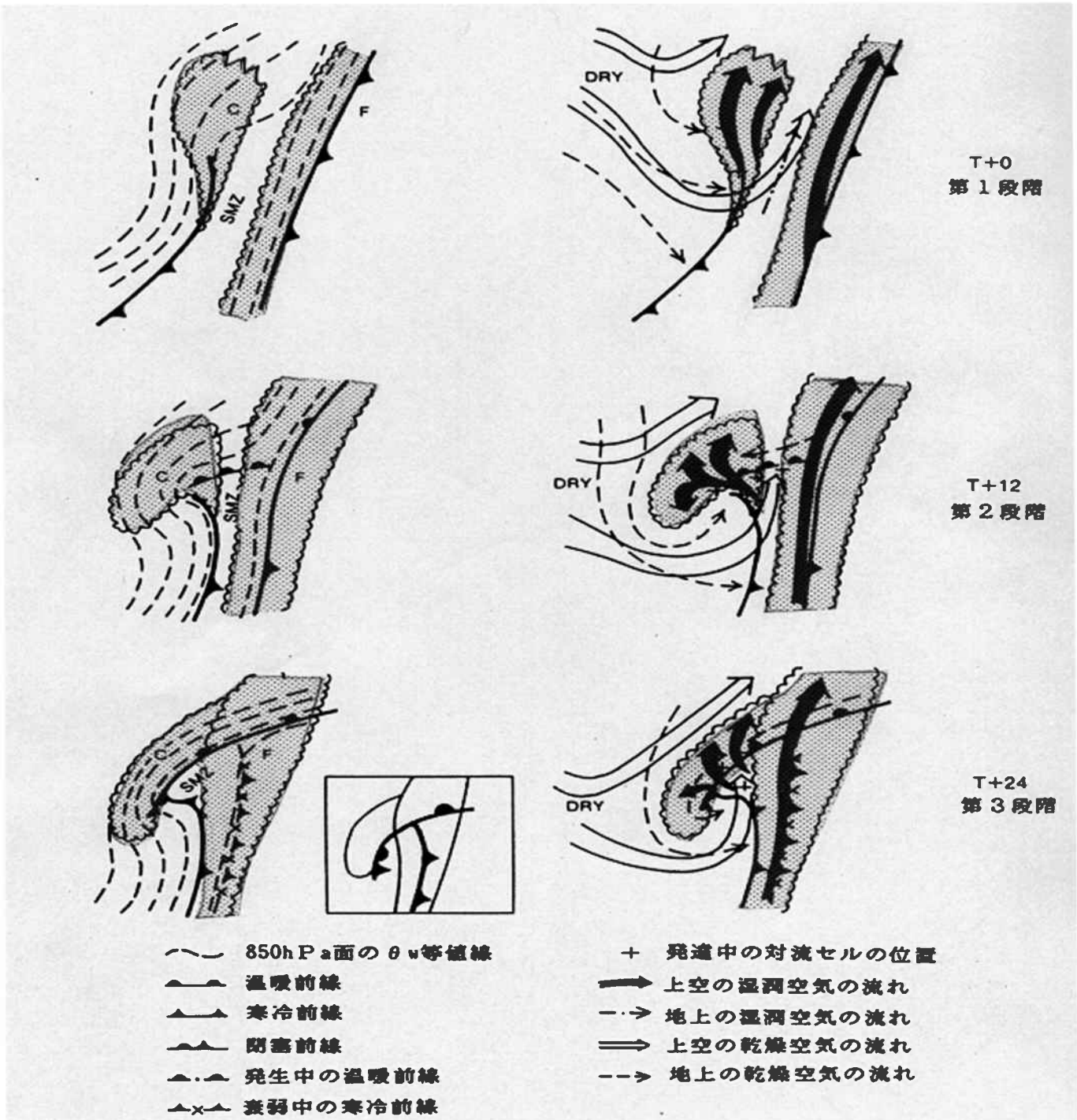


Fig.1 インスタントオクルージョンのライフサイクルモデル (McGinnigle et al.1988)
 の図の雲域内にハッチを加筆(四角の中は第3段階を伝統的な前線記号で表したもの)

Fig.1は、McGinnigle et al.(1988)が示したインスタントオクルージョンについての「3段階のライフサイクルモデル」で、先だって存在する寒帯前線の雲ベルトの寒気側における渦度と暖気移流の観点から、インスタントオクルージョンについて第1段階（コンマ型雲

発生時）、第2段階（雲域併合前）、第3段階（インスタントオクルージョン時）のライフサイクルモデルを示している。この図に、コンマ型雲発生前の段階を加え、時間経過を追ってインスタントオクルージョンのライフサイクルの解析を行った。

Ⅲ、インスタントオクルージョンのライフサイクル

1、コンマ型雲発生前

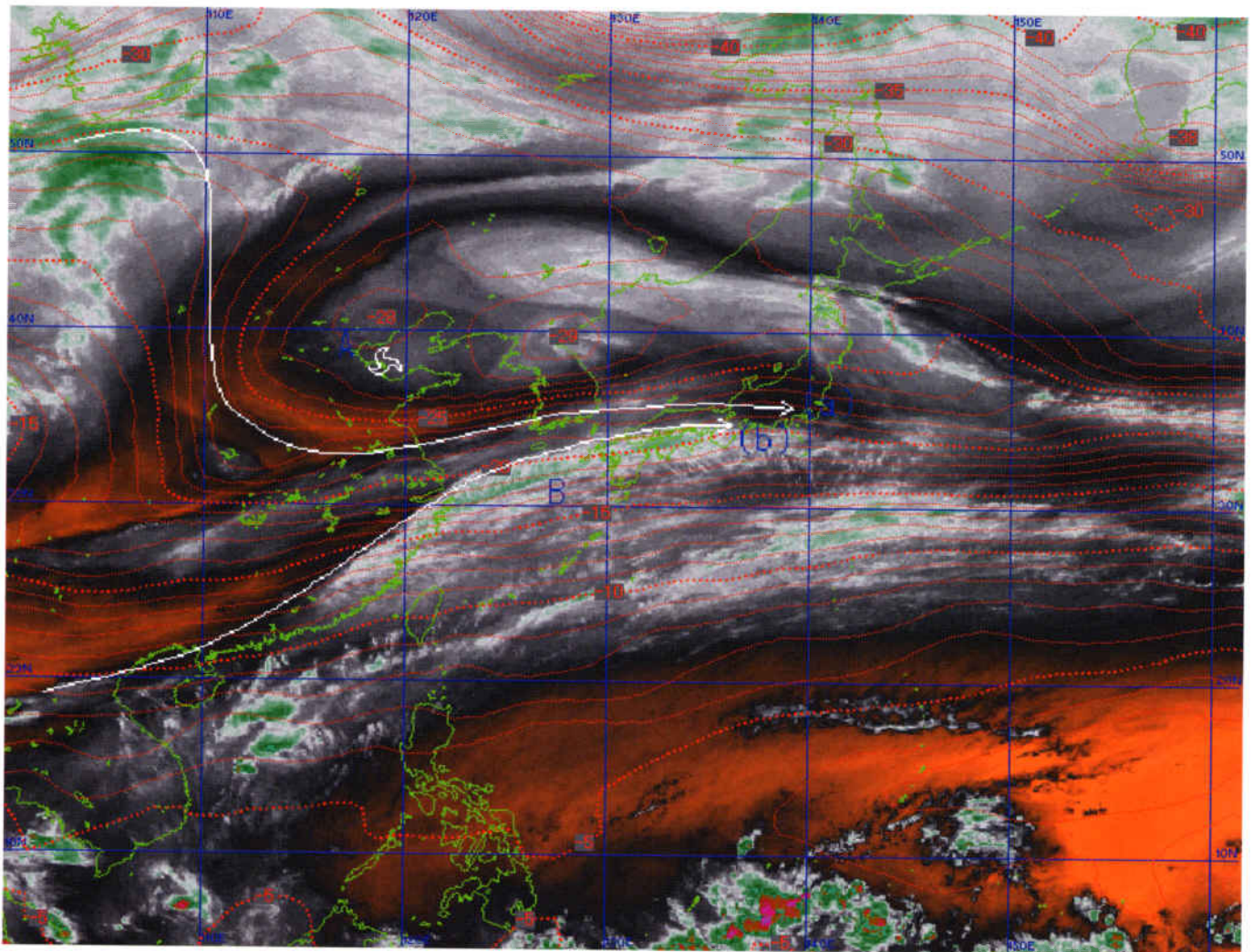


Fig.2 2003年3月24日00UTCの水蒸気画像のカラー表示
(赤点線=RSMのGPVから求めた500hPaの等温線、白矢印=ジェット、白渦=上層渦)

Fig.2は、2003年3月24日00UTCの水蒸気画像をカラー表示したものである。

このカラー表示画像では、橙色の部分が暗域、それ以外の色の部分は明域を段階的に表している。なお、暗域・明域は定量的な基準で判別されるものではなく、画像上で見える明るい部分や暗い部分を指す定性的な概念である。また、画像上の暗域は乾燥域に、明域は湿潤域を表している。

Fig.2の水蒸気画像のバウンダリーからジェットを解析すると、ポーラジェット(a)とサブジェット(b)は白矢印のように解析できる。このジェットは日本付近で合流しており、RSM（日本を中心とする東アジアの領域

を対象にした気象庁の数値モデル=Regional Spectral Modelの略、以下RSMと呼ぶ)の初期値GPV(大気中もしくは地表などに設定された格子点上気象要素などの値。格子点値=Grid Point Value 以下GPVと呼ぶ)の風向・風速を参考にするると300hPaの高さに対応している。渤海湾付近には上層渦Aが、日本の南岸から南シナ海にかけては前線帯雲バンドBが解析できる。この上層渦Aはポーラジェット(a)に、前線帯雲バンドBはサブジェット(b)の流れにそれぞれ発生している。GPVを参考にするると、上層渦近傍には500 hPaの高さのトラフと500 hPaで-28℃の寒気のコアが解析できる。

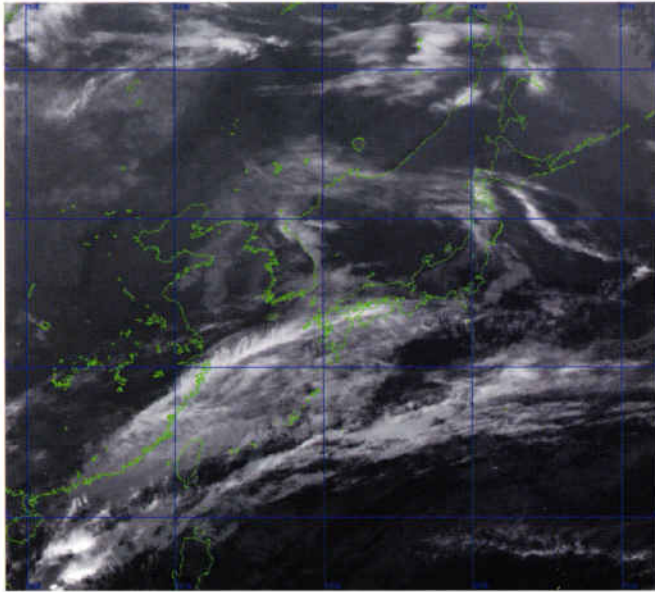


Fig.3 2003年3月24日00UTCの赤外画像

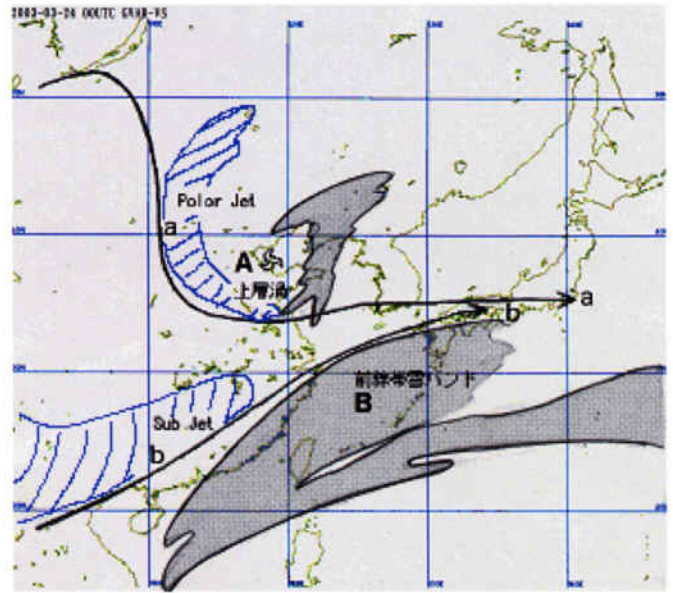


Fig.4 2003年3月24日00UTCの模式図
(図中 青の斜線部分は暗域を表す)

ここで赤外画像と可視画像（略）を見てみると、上層渦直下にはまとまった雲域は見られない。わずかに、この渦の前面にあたる黄海で対流雲が発生し始めている程度である。この原因としては上層渦直下が陸地であり水蒸気の補給がないこと、上層の寒気がそれほど強くなかったことが原因と考えられる。このような現象は大陸上ではよく見られる現象である。

Fig.4に赤外画像と可視画像及び水蒸気画像から求めたコマ型雲発生前の模式図を示す。

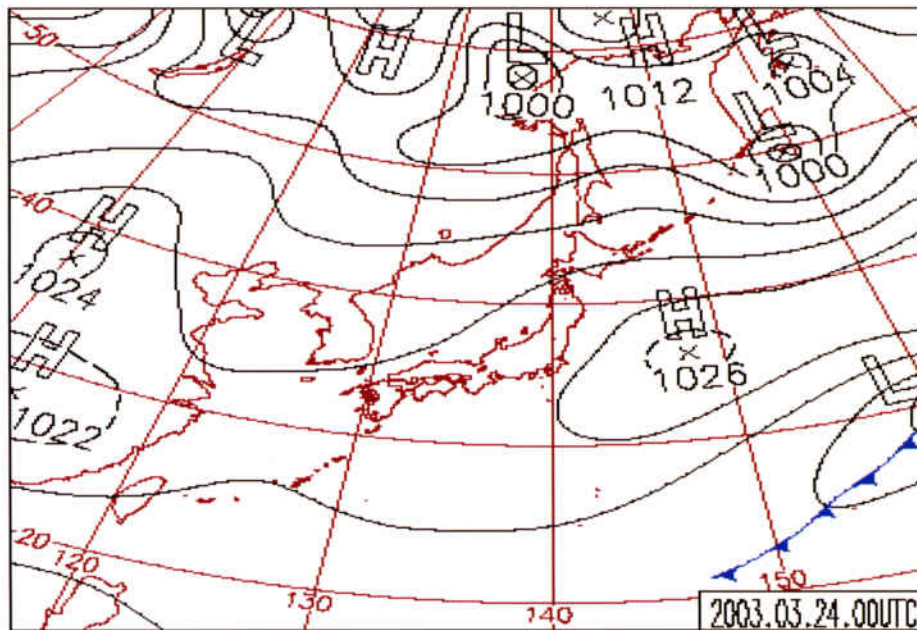


Fig.5 2003年3月24日00UTCの地上天気図

地上天気図では、日本の東海上から華中にかけては高圧帯となっており、上層渦直下は、気圧の谷となっている。

2、コンマ型雲発生

①コンマ型雲と前線帯雲バンドの解析

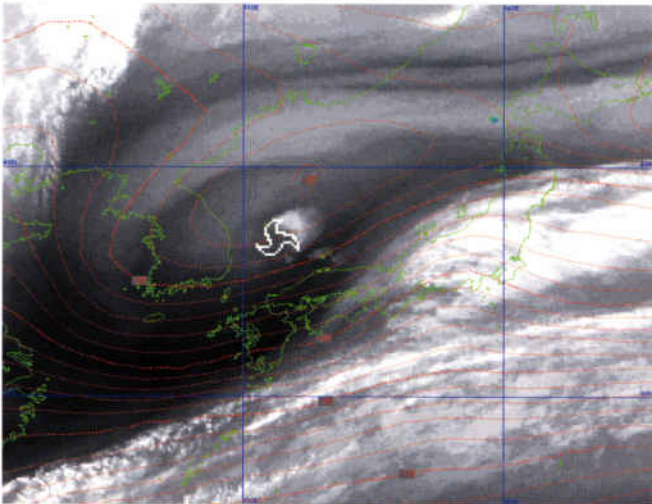


Fig.6 2003年3月25日00UTCの水蒸気画像
(赤点線はRSMの500hPaの等温線)

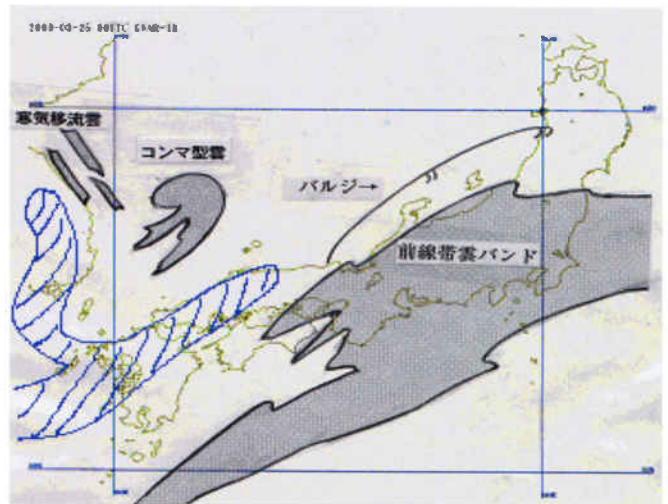


Fig.9 2003年3月25日00UTCの模式図

25日00UTCになると上層渦は日本海西部まで進んできた。この上層渦は500 hPaで-28℃の寒気のコアを伴っている。赤外画像や可視画像では、日本海西部にある雲域の前面にメソスケールのコンマ型雲が発生しているのがわかる。毎時間の動画で見るとコンマ型雲の頭部を中心に低気圧性の回転が見られる。一方、前線帯雲バンドは上層渦（トラフ）の接近により極側に膨らみバルジ（前線帯雲バンドが寒気側（極側）に凸状に高気圧性局率を持って膨らむ現象。トラフの接近による前線波動や低気圧の発達に対応し、下層から暖湿な気流が上昇して雲域が発達していることを示す。）を強めている。Fig.6の500 hPaの等温線を見ると暖気は前線帯雲バンドに沿うようにして四国の南から入り込んでいる。コンマ型雲の後面にあたる日本海北西部には寒気移流による下層雲も発生し始めている。

水蒸気画像では、この両雲域間には暗域が流れ込んでいる。このことは、この両雲域間に乾燥した気塊が流入していることを表しており、コンマ型雲と前線帯雲バンドは別の雲システムであることがわかる。

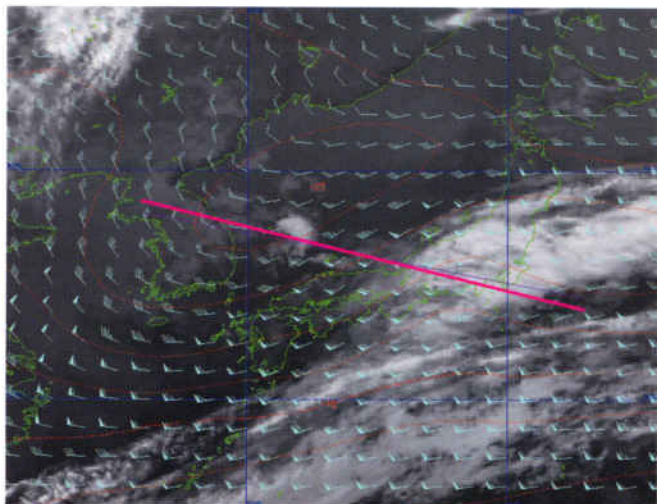


Fig.7 2003年3月25日00UTCの赤外画像
(赤点線はRSMの500hPaの等温線、青矢羽は500hPaの風向・風速、紫線は断面線)

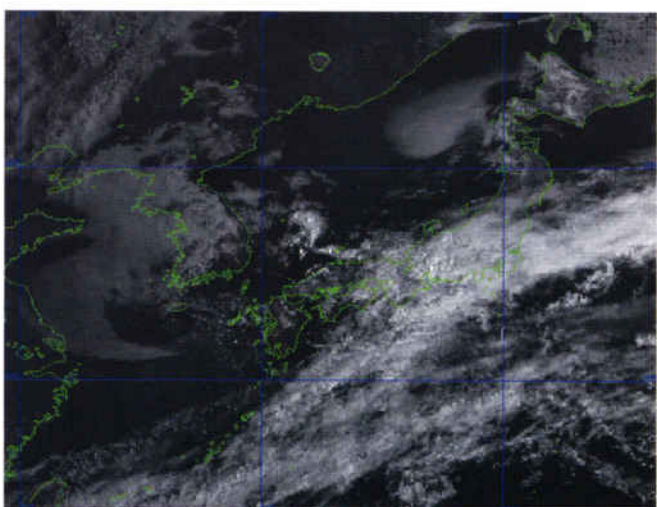


Fig.8 2003年3月25日00UTCの可視画像

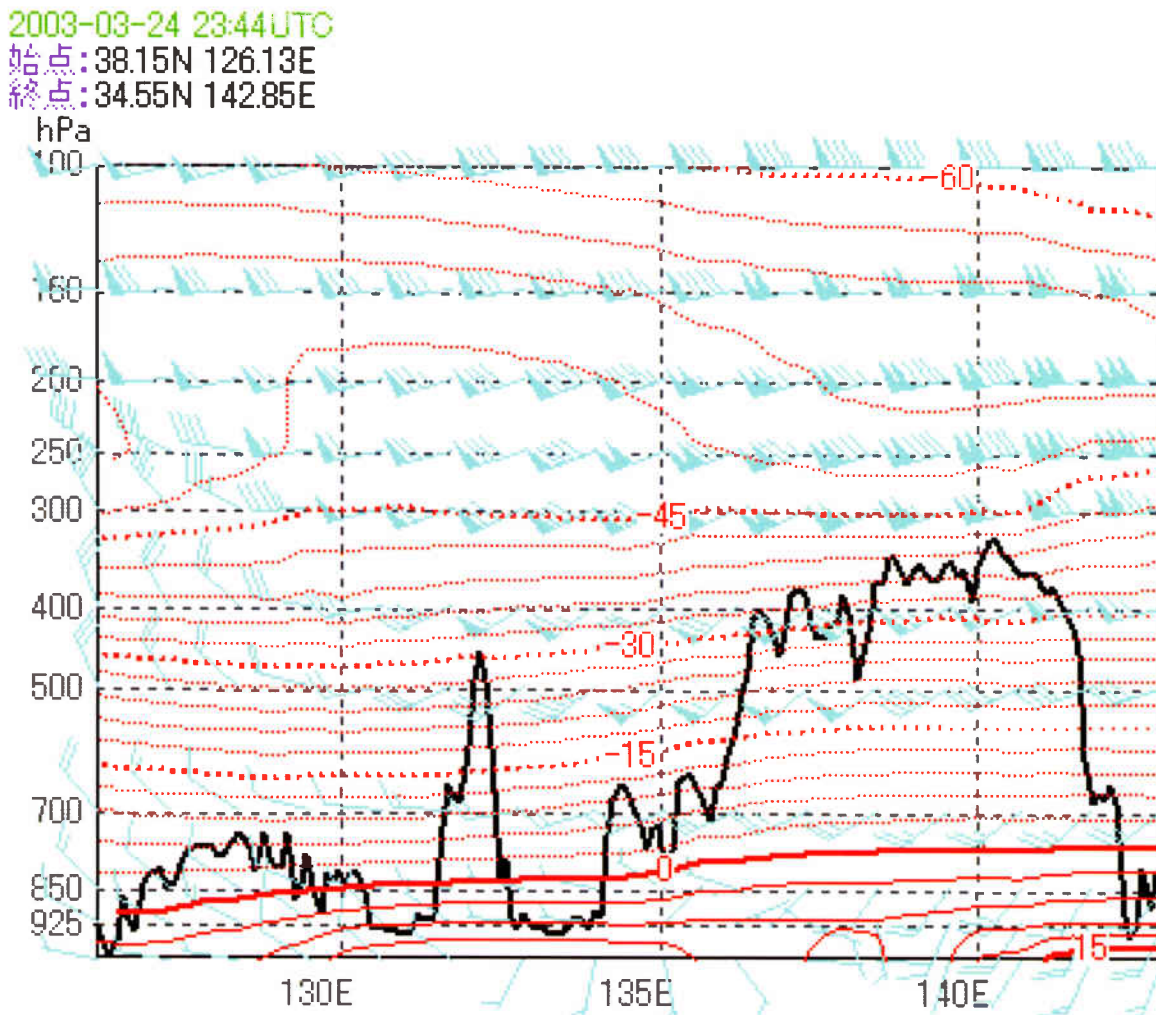


Fig.10 上層渦と前線帯雲バンドの雲頂高度断面図(黒線)と各指定面高度の風向・風速(青)、気温図(赤)

Fig.10は、Fig.7の赤外画像の紫線で示した上層渦と前線帯雲バンドの雲頂高度断面図と各指定面高度の風向・風速、気温図である。上層渦のある132E付近の上空500 hPaには寒気があり、下層では暖気が流入しているため、対流不安定となっている。しかし、300 hPaより上空は圏界面となっており暖気が蓋をしたような状態で被さっている。また、400 hPaより上空は安定層となっているため、これ以上での雲の発達は見えない。雲頂高度断面図では132E付近の高度の高い部分がコンマ型雲にあたる。その雲頂のトップは約430 hPaとなっている。Fig.7の500hPaの風向・風速と断面図の130E付近の風向・風速を参考にとすると500hPaから300 hPaには

トラフが解析できる。また、トラフ後面のあたる130E以西では、250 hPaから下層にかけて北西風が卓越している。このことは、上層から下層に向かって乾燥した気塊が流入し沈降域となっていることを表している。逆に、前線帯雲バンドの下層では南西から暖気が流入しており、315Kの高相当温位域(図略)となっている。

地上天気図では、東海沖に地上低気圧が解析されている。また、サハリンの東、オホーク海にも低気圧が解析されている。このため、北海道から日本海、東海沖を結ぶ線は気圧の谷となっており、コンマ型雲と前線帯雲バンドはこの気圧の谷の中にある。

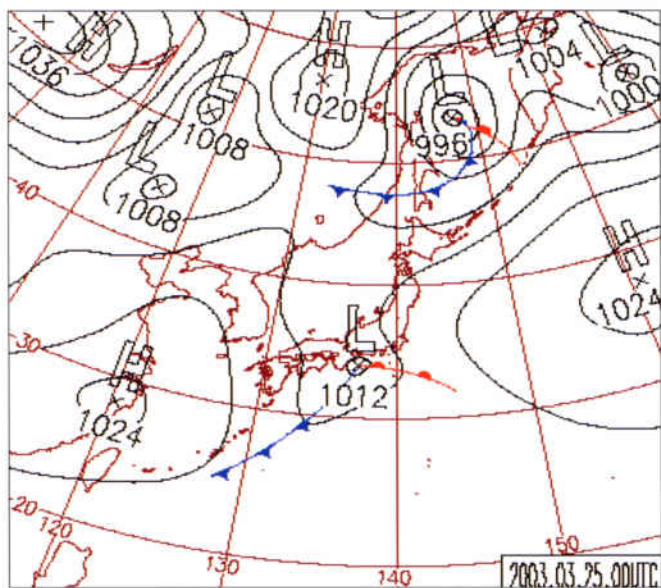


Fig.10 2003年3月25日00UTCの地上天気図

3、コンマ型雲と前線帯雲バンドの併合前

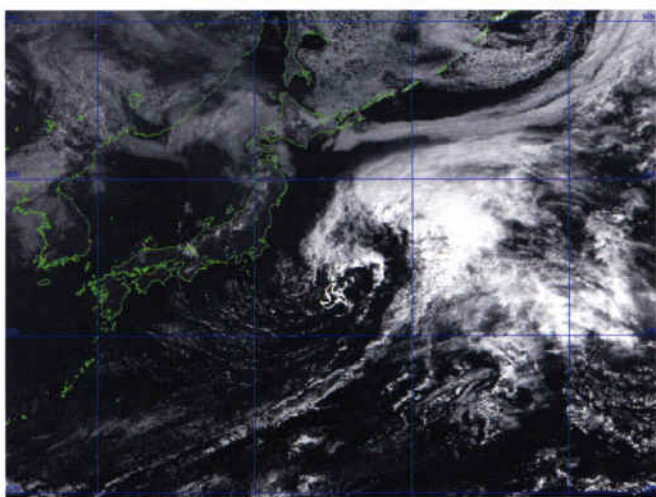


Fig.11 2003年3月26日00UTCの可視画像



2003年3月26日00UTCの模式図
( は対流雲列。双こぶがある方が寒気側を表す。)

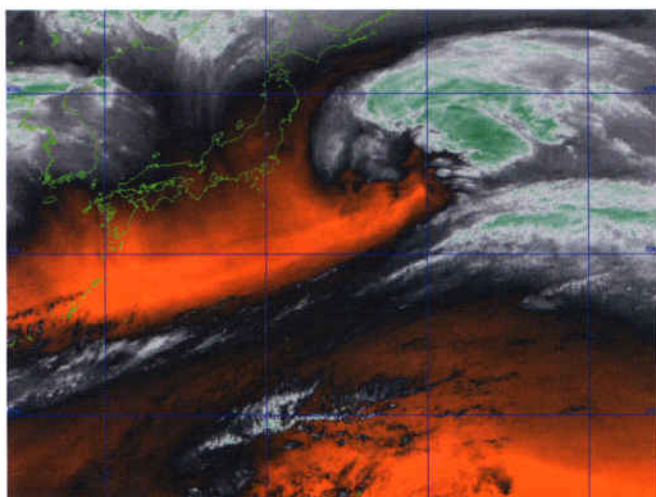


Fig.12 2003年3月26日00UTCの水蒸気画像 (カラー表示)

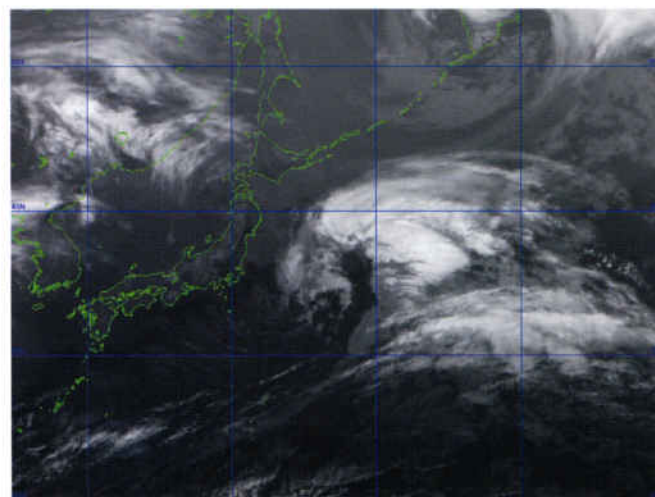


Fig.14 2003年3月26日00UTCの赤外画像

26日00UTCになると前線帯雲バンドと上層渦を伴う雲域は接近し、一見すると一つの雲システムに見える。しかし、前線帯雲バンドと上層渦を伴う雲域間にはOPEN域があり、まだ完全に一体化はしていない。また、上層渦を伴う雲域の東端には地上の前線とは別に2次前線の雲列が解析できる。この雲列の後面には寒気移流に伴う筋状雲も出現している。Fig.13は画像から解析した雲の模式図である。地上の前線をa、2次前線をb、寒気側の対流雲列群をcで表している。雲域としては繋がっているが、雲システムとしては両雲域の厚さや構成している雲の構造の違い、雲域内の対流活動の違い（上層渦を伴う雲域は上層雲と積雲の2層構造、前線帯雲バンドは上層雲・中層雲・積乱雲及び積雲を含む3層構造の厚い雲域）から、上層渦を伴う雲域と前線帯雲バンドの雲域は別の雲域として解析される。地上天気図では、日本の東海上に低気圧が解析され、前線上にはすでに閉塞点も解析されている。

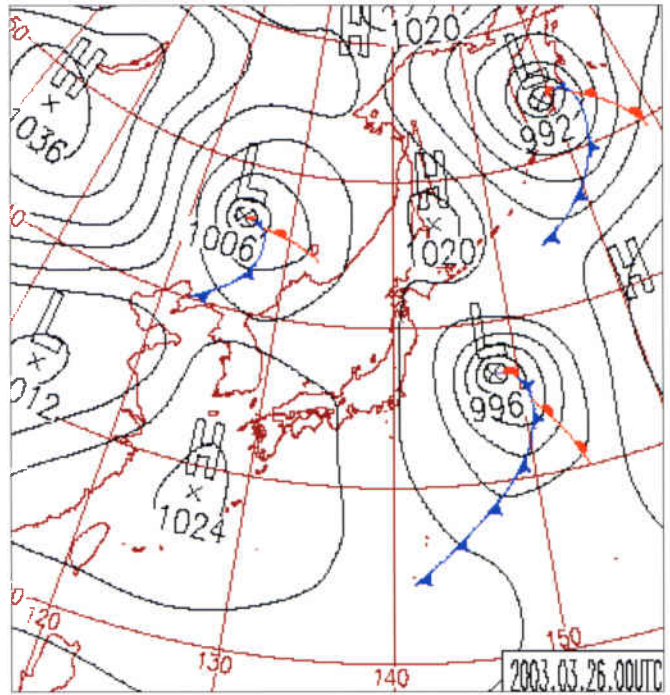


Fig.14 2003年3月26日00UTCの地上天気図

4、インスタントオクルージョン

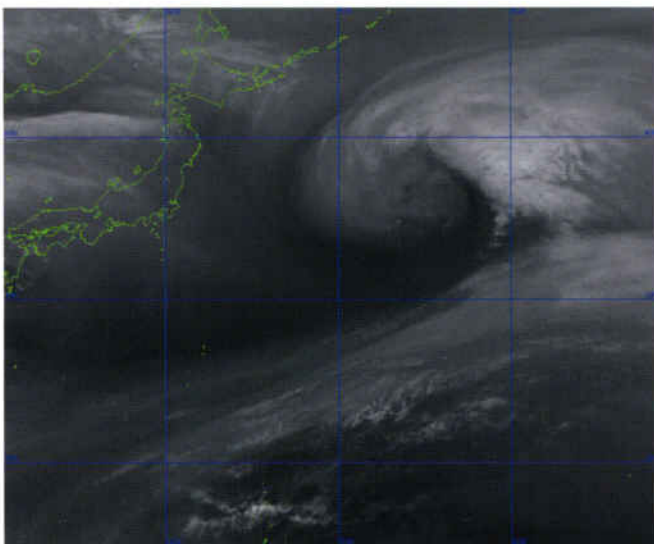


Fig.15 2003年3月26日12UTCの水蒸気画像

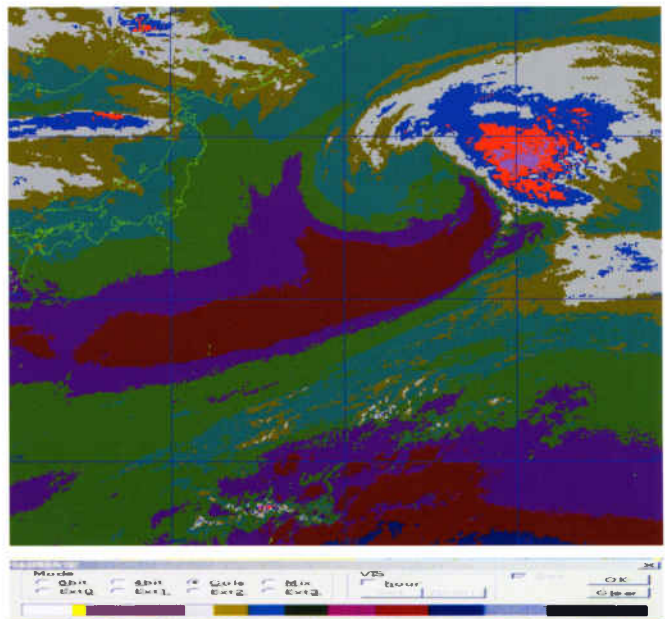


Fig.16 2003年3月26日12UTCの水蒸気画像のカラー表示とカラースケール

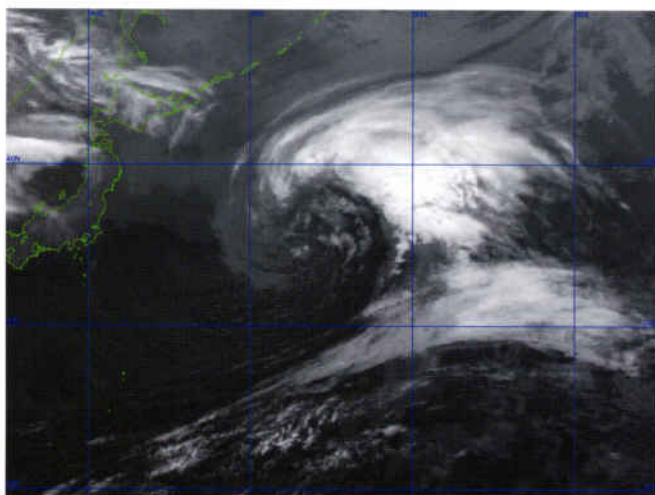


Fig.17 2003年3月26日12UTCの赤外画像

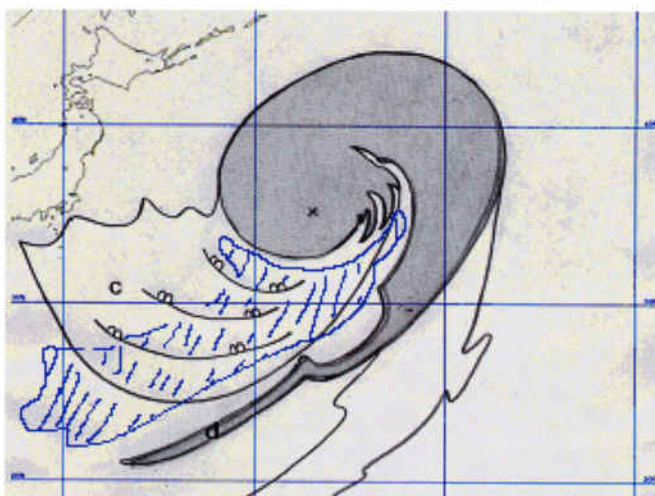


Fig.18 2003年3月26日12UTCの模式図

Fig.15は2003年3月26日12UTCの水蒸気画像である。上層渦を伴う雲域と前線帯雲バンドの雲域はマージし、発達した低気圧に対応する一つの雲システムとなった。雲システムの後面には暗域が拡がり、低気圧の中心に向かっては暗域が深く入り込んでいる。このことから、

まとめ

今回の事例では、GMS-5から新しく取得できるようになった水蒸気画像を用いてインスタントオクルージョン型への移行を①コンマ型雲発生前、②コンマ型雲発生、③インスタントオクルージョン前、④インスタントオクルージョンの四つの過程に分けて紹介した。

コンマ型雲は上層渦直下で発生し、発達している。上層渦は寒気コア近傍で発生し、この地点はジェット

この低気圧が最盛期の閉塞した低気圧であることが示唆される。Fig.16は水蒸気画像をカラー表示したもので、赤-12.0℃～-13.0℃、ピンク-13.0℃～-20.0℃、緑-20.0℃～-25.0℃、水色-25.0℃～-30.0℃、黄-40.0℃～-50.0、白-50.0℃以下の温度をそれぞれ表している。Fig.15と比較すると、ピンクから赤の部分が暗域にあたる。最も暗化が進んでいる部分（赤）が低気圧の中心に向かっており、この低気圧に向かって乾燥気塊が流れ込んでいるのが良くわかる。画像から模式図を作成して見ると、「3のコンマ型雲と前線帯雲バンドの併合前」で解析された地上の前線aと2次前線bは重なり一本の雲バンドdとして解析できる。しかし、この後面にある寒気移流に伴う雲域群cとの間には晴天域があり、この晴天域は雲域の中心にまで入り込みドライスロットとなっている。地上天気図を見ると、日本の東海上の低気圧は988hPaと急速に発達している。その南東側には閉塞点があり、そこから寒冷前線と温暖前線が解析されている。

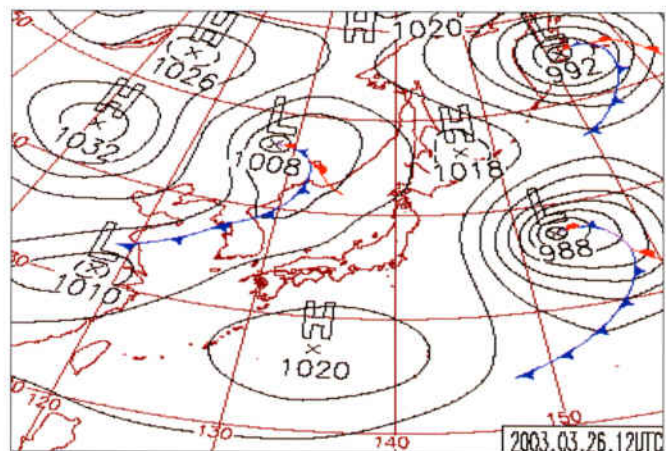


Fig.19 2003年3月26日12UTCの地上天気図

インスタントオクルージョン型で解析できる暗域は、雲域併合前から前線帯雲バンドとコンマ型雲の間に入り込み、雲域併合時にはさらに深く中心付近まで入り込んでいる。通常、地上の閉塞点はドライスロットの突っ込んだ先の終点付近に解析されるため、この雲域が急速に閉塞パターンに移行したことが水蒸気画像からもわかる。

参考文献

北畠尚子・金崎厚・海老原智・重岡博明・緒方洋一・出口一・上清直隆・牟田圭史・鈴木和史（1995）：

Browning:温帯低気圧—温帯低気圧における雲と降水の構造—,測候時報Vol.62,1-31.

北畠尚子(1997)：「Browning:温帯低気圧—

温帯低気圧における雲と降水の構造」に関する質問に答える,測候時報Vol.64,29-44.

隈部良司・神代秀一(1997)：気象衛星センター技術報告,第33号,1-15.

気象衛星センター(2000)：気象衛星画像の解析と利用161pp

小倉義光(2000)：総観気象学入門、東京大学出版会.276

松本誠一(1987)：新総観気象学、東京堂出版.57-88

ALAN J.THORPE,HANS VOLKERT,AND MICHAL J.ZIEMIANSKI(2003)：THE BJERKNES'CIRCULATION
THEOREM

(A Historical Perspective),AMERICAN METEOROLOGICAL SOCIETY, Volume 84 Number4.471-492

McGinnigle,J.B.,M.V.Young, andM.J.Bader(1988)：The development of instant occlusions in the North Atlantic.

Meteor. Mag.,117,325-341.