

コンマ雲の中心気圧の衛星画像を用いた推定法

Estimation of Central Pressures of Comma Cloud

隈部 良司*・神代 秀一**

Ryoji Kumabe, Shuichi Kumashiro

Abstract

A method is proposed to estimate the central pressure of so called "Comma cloud" on the sea around Japan.

Comma shaped cloud patterns associated with polar lows in winter season are classified into three types according to the size and the location observed in infra-red images of GMS-5. One of these three types is recognized as the comma cloud.

The evolution of the cloud pattern and size of the comma cloud is investigated in relation with the central pressure and pressure gradient of the disturbance. The central pressure of comma cloud and pressure gradient are measured in the weather map issued by JMA. It is found that the central pressure, pressure gradient and cloud pattern change according to the developing stage of the disturbance. For the comma cloud pattern, the central pressure develops to its deepest value in about 48 hours with typical cloud pattern evolution.

The authors summarize the relation between the cloud pattern and the pressure to make the method of estimating the central pressure and its gradient of a comma cloud. Accuracy of the method is within ± 9 hPa for the mature stage and within ± 5 hPa for other stages.

1. 始めに

寒候期の海上では、下層が寒気におおわれ、上層に正渦度が移流する領域で、しばしば1000km程度の広がりを持つコンマ形の雲パターンが見られる（気象衛星センター：1983, Reed and Blier：1986, Ninomiya：1989）。この雲域に対し地上天気図では前線を伴わないメソスケールの低気圧が解析されることが多い。多くの文献ではこの雲パターンおよびこの雲パターンを伴う擾乱の両方に対しコンマ雲という用語を用いている。コンマ雲は時間とともに規模が拡大して、前線を伴うシノプティックスケールの低気圧となる場合もある。

NOAAのSmigielski and Mogil (1992) は、傾

圧帯の雲バンド上で発達する低気圧の中心気圧を、衛星を用いて見積もる手法を開発し (SMB法)、隈部・岸本・桜井 (1995) はこれを日本の東海上で発達する低気圧に適用した。今回は、SMB法と同様な手法で寒気場内のコンマ雲の中心気圧を見積もる手法を開発した。

2. 調査方法

2-1 雲パターンの分類

寒気場内の擾乱についてはいくつかの種類があると考えられている。しかし、それらをどのように区別するかについてはあいまいな点が多い。例えば、いわゆるコンマ雲が気象擾乱上どのようなカテゴリーに分類されるかについて多くの議論がある (例えば

* 気象衛星センター解析課

** 気象衛星センター気象衛星運用準備室
(1996年10月17日受付、1997年2月14日受理)

Ninomiya : 1989)。Carlson (1991) はコンマ雲を代表的なポーラー低気圧としている。いくつかの文献では通常のポーラー低気圧とは異なる擾乱とされている (Rasmussen, Turner and Twitchell : 1993) がその場合もその区別はあいまいであり、Ninomiya (1989) は両者を区別せずに Polar/Comma-Cloud 低気圧と記述している。そこで今回は先ず、衛星画像上の特徴により擾乱を分類することにした。コンマ形の雲パターンを、大きさや傾圧帯上の低気圧との位置関係に注目していくつかのタイプに整理し、それぞれのタイプについて気圧の時間変化を追跡することにした。

1993年11月～1994年1月の期間の衛星画像を用いて、コンマ形の雲域を3つのタイプに分類した。それらの特徴について整理する (Fig. 1)。

(1) タイプ1 :

傾圧帯上で発達中の低気圧の西から南西の寒気場内で発達するコンマ形の雲域 (Fig. 1(a))。雲域自身独立して発達するケースが多いが、傾圧帯とインスタントオクルージョンすることにより発達を見せることもある。文献でみられる典型的なコンマ雲である。

(2) タイプ2 :

傾圧帯上の主たる低気圧の発達の早期の段階で、その極側に見られるコンマ形の雲で、大きさは1000km程度のことが多い (Fig. 1(b))。地上天気図では、このコンマ形の雲域に対応して、傾圧帯上の主たる低気圧の極側に前線を持たない小さな低気圧が解析されることが多い。しかしなかには、この小さな低気圧が解析されないこともある。この場合は、傾圧帯上の低気圧の中心がこのコンマ形の雲域の近くに解析されている。このタイプは傾圧帯上の低気圧と併合して発達することが多い。インスタントオクルージョンによる低気圧の発達の模式図 (Bader et. al. : 1995) にこのタイプに近い雲が描かれている。

(3) タイプ3 :

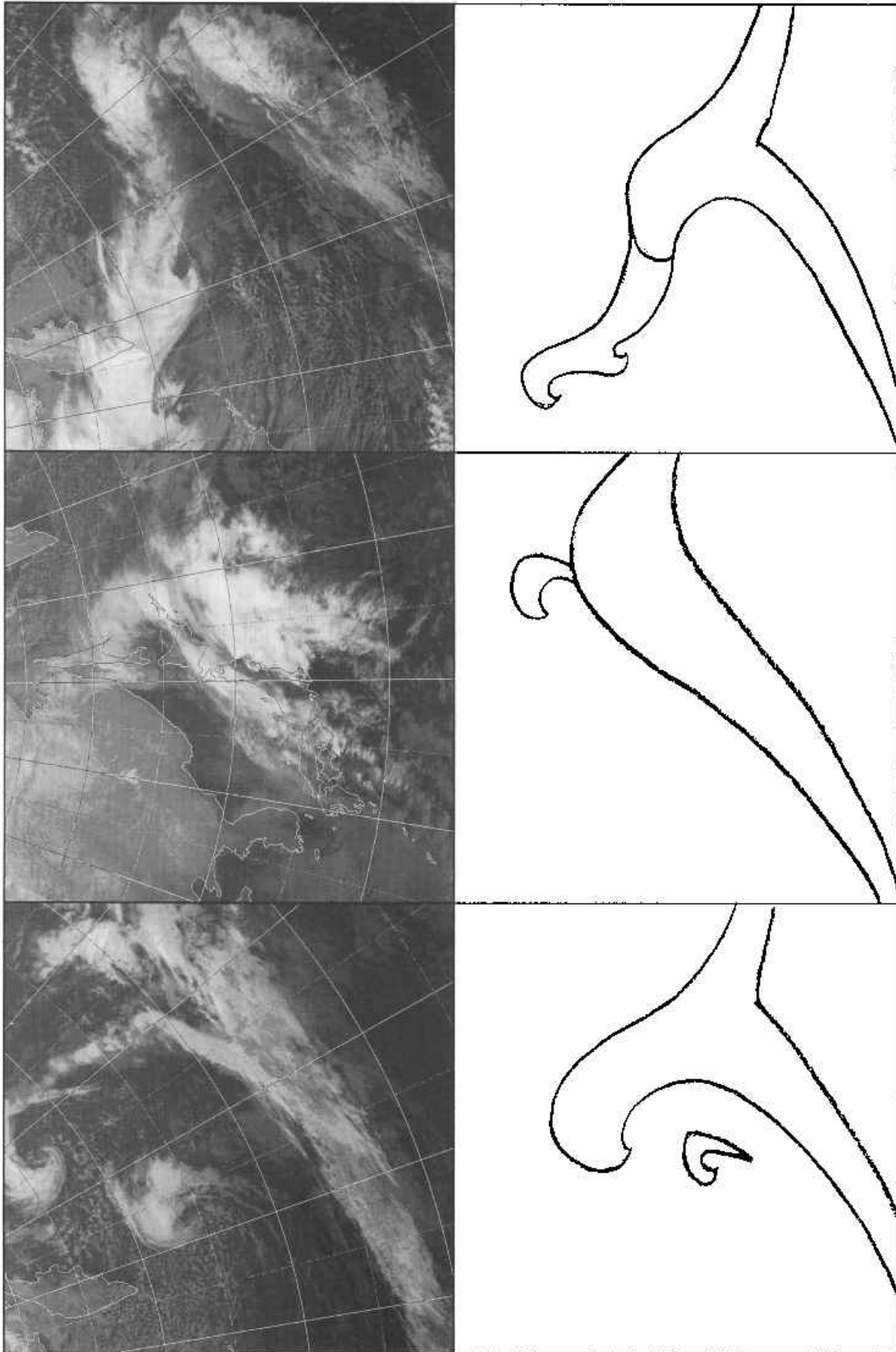
閉塞した傾圧帯上の低気圧のコンマ形の雲域の頭の部分が西又は北西に伸びだしバンド状となりその雲バンドの南の縁に発生する (Fig. 1(c))。大きさは他のタイプより小さく、調査した中では、シノプティック

な低気圧にまで発達した事例はなかった。地上天気図では前線を伴わない小規模な低気圧として解析されているものもあるが、低気圧として解析されないものの方が多い。タイプ1の雲域のコンマの頭の部分にさらに発生する副コンマ雲もこのタイプに分類した。Ninomiya (1994) のメソスケール低気圧家族に対応するものであり、Bader et. al. においてもポーラー低気圧の一つのタイプとされている。

実際はこれらの中間的なタイプも見られる。タイプ1でインスタントオクルージョンにより傾圧帯上の低気圧として発達するものはタイプ2と区別が難しい場合もある。

これらの発生と発達を Fig. 2 に示す。各々のタイプの雲域の発生場所は次のとおりである。タイプ1が最も南で、北緯35度から北緯50度の間で発生している。タイプ2は北緯40度から北緯50度、タイプ3は北緯45度から北緯50度で発生、発達している。タイプ1と2は太平洋、日本海、オホーツク海で、タイプ3はオホーツク海と太平洋に分布している。すべて海上で発達しているが、タイプ1および2は雲域の発達の12時間程度前から大陸東岸で巻雲からなる雲が見られることがある。この2つのタイプは、地上天気図上では西風の場合にあり東への移動速度が大きい、タイプ3は動きが遅いことに特徴がある。この分布はNinomiya (1989) と一致している。

地上天気図上では低気圧として解析されることの少ないタイプ3の雲域も、大西洋では一般にポーラー低気圧の中心付近で海上強風警報級の最大風が観測されていること、このような小さな擾乱の場合風向の変化が大きいと考えられることから、船舶の航行などに対しては重要な現象であると考えられる。今回の調査方法ではその発達を見積もることは難しいので除外し、今回はタイプ1の擾乱 (いわゆるコンマ雲) についてのみその発達と雲パターンの変化の関係を調査した。タイプ2については別の機会に調査したい。



(a) Type 1, (b) Type 2, (c) Type 3.
Characteristics of each type are shown in the text.

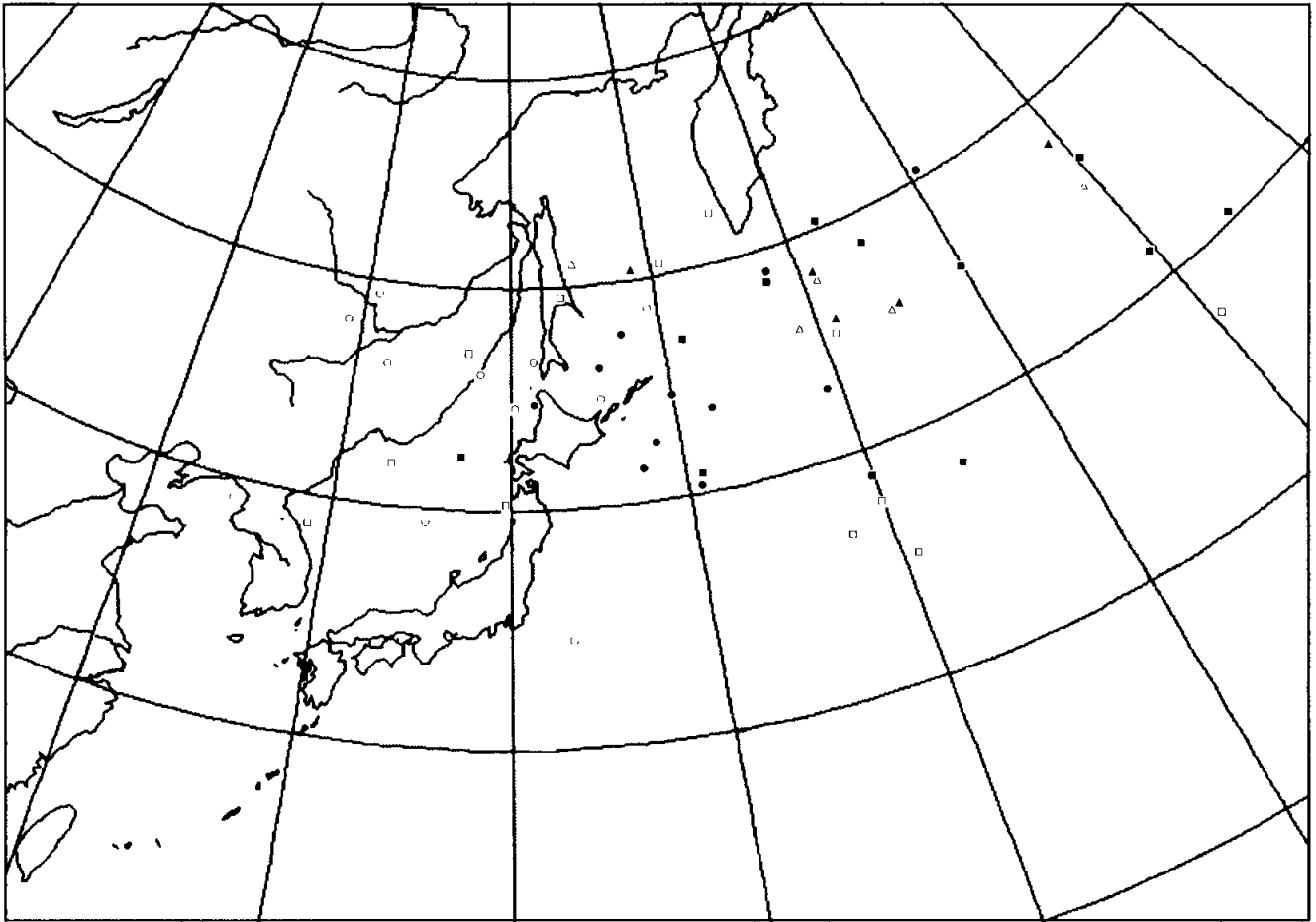


Fig. 2 Locations of the genesis of the comma shaped cloud patterns in the cold season from November 1993 to January 1994. □ : Type 1, ○ : Type 2, △ : Type 3. Open symbols show the position where an organized cloud system was first identified, closed symbols are where the cloud systems developed to the distinguished comma shape.

2-2 雲パターンとコンマ雲の発達の関係の調査

GMS 赤外画像から日本周辺でコンマ形の雲パターンを選びだし、12時間毎の幾つかの画像上の特徴の時間変化と地上天気図での表現を比較し、両者の対応を整理した。調査は1993年11月から1994年1月と1994年11月から1995年1月までの2季節に出現したタイプ1の雲域について行った。

選び出した画像上の特徴は以下の7つである。

- (1)雲パターン。
- (2)雲域のサイズ：雲域を覆う円の直径で表現したもの。他の文献で表されるコンマ雲のサイズと比べると大きめになるようである。
- (3)コンマの傾き：同じコンマ形の雲域であってもその向きは様々である。コンマの“頭部”から“尻尾”へ

の方位によって表わす。

- (4)コンマ雲の雲域から傾圧帯の雲域までの距離：他の擾乱との相互作用があるかどうかという観点から。コンマ雲の中心から傾圧帯の雲域の端への最短距離で表す。
- (5)傾圧帯の雲域が注目する雲域に対してどのような形をしているか：傾圧帯の寒気側の形が凸であるか凹であるか。
- (6)近くに存在する他のコンマ雲との距離。
- (7)巻雲のシールド：雲域の鉛直方向への広がりに関連すると考えた。

擾乱の発達としては地上天気図に解析されている等圧線を用いた。雲域の中心付近の気圧、中心から半径500kmの円周までで計った最大気圧傾度、閉じた等値線

で囲まれて低気圧として解析されているか、前線を伴っているかという点を抽出した。これには毎日00UTCと12UTCの12時間毎の画像と印刷天気図を用いた。

この調査の根本的な問題点として中心気圧の真値として印刷天気図の解析値を用いたことが上げられるかもしれない。飛行機観測により、詳細な観測データの得られた熱帯擾乱と異なり、天気図は解析結果である以上主観的な解釈の入ったものである。

しかしながら、利用できる観測データを総合的に取り込んだ印刷天気図は、現在得られる資料としてはもっとも真の値に近いものであると考えられる。天気図解析にこのような衛星画像の客観的な解析を利用することは、現在の天気図解析手法を地上観測資料の入手できない海域へ拡張する1方法であると考えられる。また、コンマ雲に対する特別観測等の行えない状況では、解析手法の改善に、日常的な天気図解析からのフィードバックが期待される。

2-3 事例

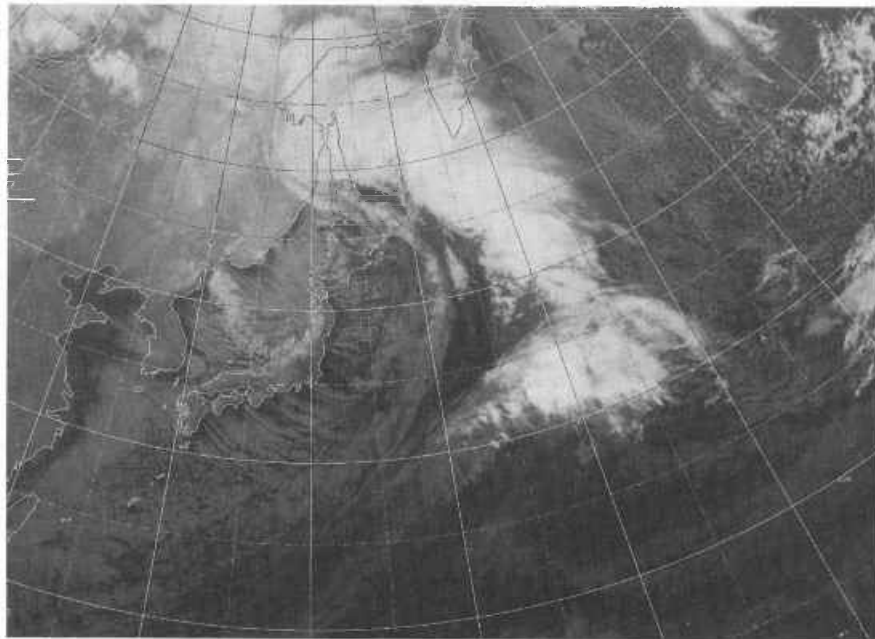
雲パターンの変化と2-2節で述べた画像上の特徴を説明するために、典型的な事例を示す。Fig. 3はタイプ1の擾乱の赤外画像で、1993年12月に見られたものである。図に書き加えた点線の円と直線は、2-2で述べた(2)雲域のサイズ、(3)コンマの傾き、(4)傾圧帯までの距離を表す。

22日00UTC (Fig. 3-a) は発達したシノプティックスケールの低気圧が日本を通過した後で、日本は寒気に覆われ、日本海を北西から南東に帯状対流雲が覆っている。この雲バンドの北西の部分が他の部分より白く写っており、雲頂温度の低いことがわかる。500hPa天気図でこの部分に浅いトラフがあるが、地上天気図では低気圧は解析されていない。画像の変化からも、ここに擾乱を見出すのは困難であろう。

6時間後の06UTC (Fig. 3-b) にはこの雲頂高度の高い部分がさらに高度を上げながら北陸に東進して、帯状対流雲がよく発達している。帯状対流雲の一部にはトランスバースモードと呼ばれる南西から北東の筋がみられる。トランスバースモードの白い雲は巻雲で、その北縁は高気圧性の曲率をもって東に伸びている。この巻雲のシールドを持った雲域がコンマ雲である。

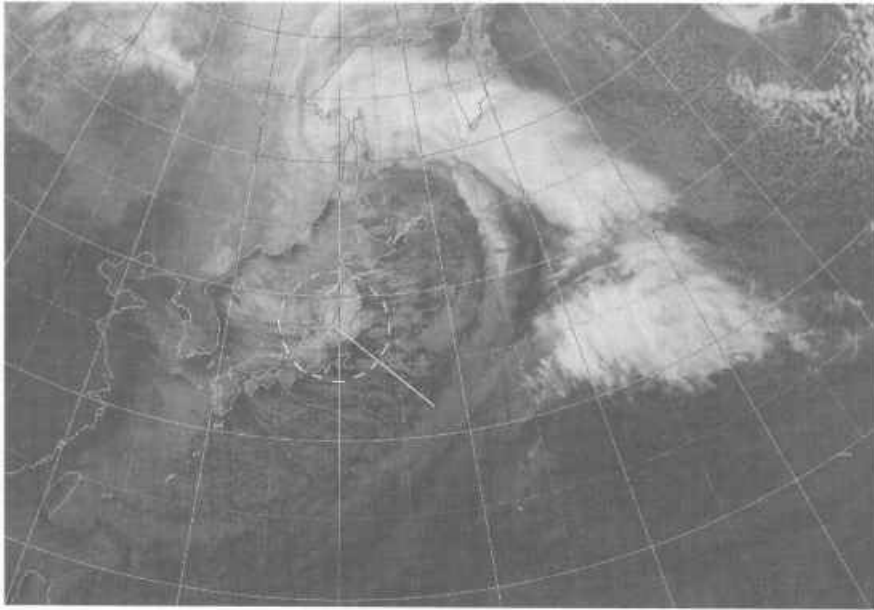
さらに6時間後の12UTC (Fig. 3-c) には雲域は太平洋に出て、さらに領域を拡大している。地上天気図でも996hPaの前線を伴わない低気圧が初めて解析されている。

23日00UTC (Fig. 3-d) にはさらに領域が拡大、雲頂高度も上がって、雲域が南北に立ってパターンがコンマ形に近づいた。6時間前にもその傾向は見られたが、この事例ではこの雲域とその東にみえる寒冷前線の間には雲が広がってきている。中心気圧は984hPaまで下がった。

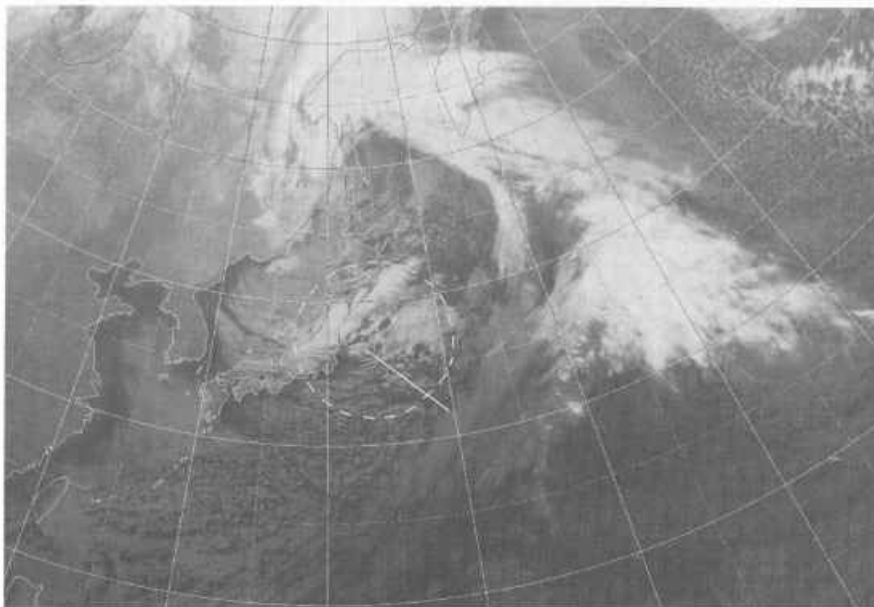


(a) 00UTC 22 December 1993.

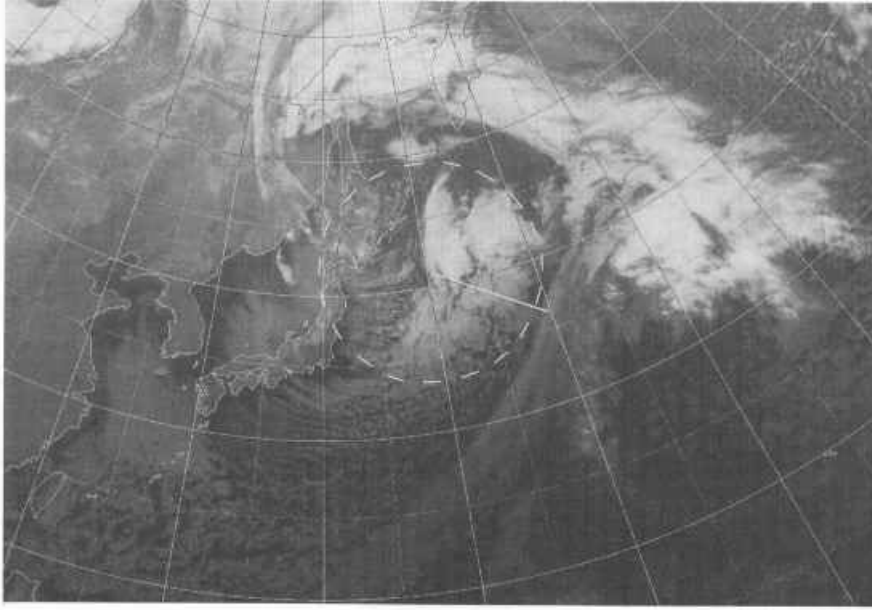
Estimation of Central Pressures of Comma Cloud



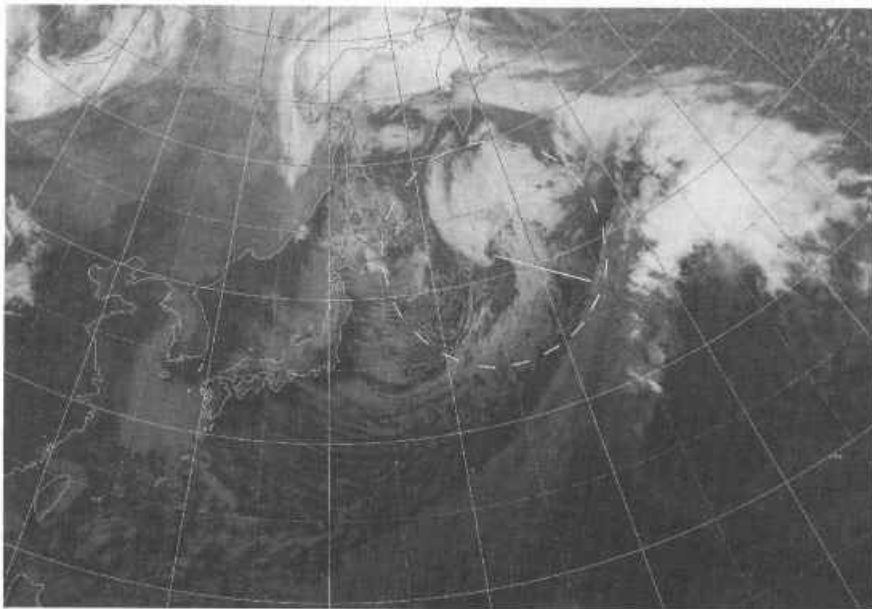
(b) 06UTC 22 December 1993.



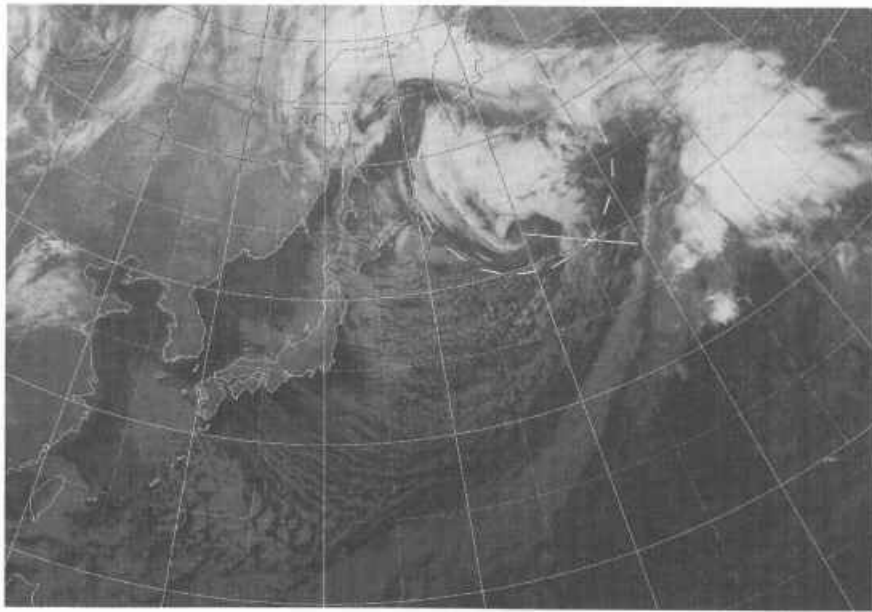
(c) 12UTC 22 December 1993.



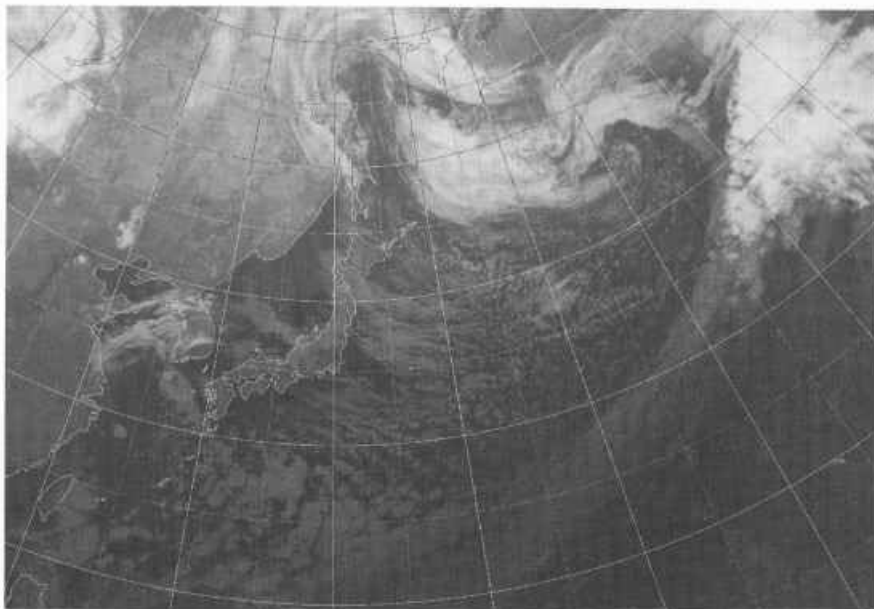
(d) 00UTC 23 December 1993.



(e) 06UTC 23 December 1993.



(f) 12UTC 23 December 1993.



(g) 00UTC 24 December 1993.

Fig. 3 Development of a comma cloud in infra-red image (December 1993). Dotted lines and circles show the features explained in the chapter 2-2.

23日06UTC (Fig. 3-e) には完全なコンマ形のパターンの段階をやや過ぎ、コンマの頭の部分に渦が見える。

23日12UTC (Fig. 3-f) にはさらに渦が明瞭になってきた。中心気圧は980hPaである。

24日00UTC (Fig. 3-g) には擾乱中心部の雲頂高度が下がり、また渦巻きの形も不規則になり一見擾乱の発達を終了したように見えるが、実際は中心気圧は970hPaで12時間前より10hPa低くなっている。東にあった傾圧帯上の低気圧の雲域と併合したようにも見えるが地上天気図ではこの後もずっと前線を持たない低気圧である。

この後もこの擾乱はさらに発達するが、雲パターンからは成熟した傾圧帯上で発達した低気圧と同様の発展と考えられるのでこれ以上の考察は行っていない。

このコンマ雲は気圧および雲パターンの変化がもつとも典型的だったものである。次節ではこのような擾乱とそれに伴う雲パターンの時間発展をまとめる。

3. 調査結果

3-1 雲パターンの変化とコンマ雲の発達

先ず、赤外画像にコンマ雲が見られてからの気圧の変化を、発達したものとそうでないものについて Fig. 4 に示す。発達するコンマ雲とは地上天気図で閉じた等圧線により低気圧が解析され、その気圧が順調に深まったものである。

3-1-1 中心気圧の時系列変化

移動が速いので十分に追跡できたコンマ雲は2例しかないが、発達するコンマ雲は平均して雲域の発生から48時間後に最低気圧に達している (Fig. 4-a)。これは傾圧帯上で発達する低気圧と比べ24時間早い (隈部・岸本・桜井)。その時の最低気圧は平均で977hPaと、傾圧帯上で発達するものに比べ10hPa程高い。個々のコンマ雲による中心気圧の違いは30hPa以上である。発達しないコンマ雲についてはさらに気圧の違いが大きい。時間に対する平均的なコンマ雲の中心気圧の変化を求め、これを中心時系列とする (Fig. 4-a に示す平均値)。

3-1-2 雲パターンの変化に対する中心気圧と気圧傾度の対応

次に、この中心時系列を参考に、平均的な衛星画像の特徴の時間変化を対応させた。

2節で述べた衛星画像上の特徴のうちコンマ雲の発達と関係していると考えられるものは、(1)雲パターン、(2)雲域のサイズ、(7)上層雲の有無であった。その他の要素については明瞭な関連を見出すことはできなかった。

多くの発達するコンマ雲の雲パターンは Fig. 5 のように時間の経過とともに変化している。気圧と気圧傾度は中心時系列による値であり、平均的なコンマ雲の雲パターンと気圧場の発達具合が分かる。なお、本文ではこの後12時間毎の時間の推移に対応するパターンをパターン①～パターン⑤と記す。

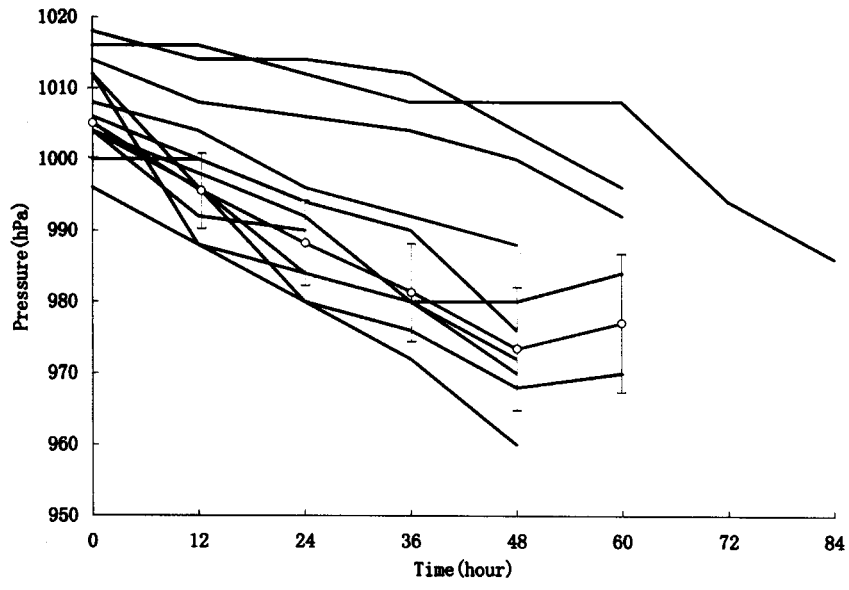
最初に見られるパターンは、寒気移流に伴う対流雲列あるいは細胞状の対流雲のエンハンスにより、周囲より雲頂温度の低い濃密な雲域が現れたものである。日本海の帯状対流雲や関東沖のナマコ型の雲域 (鈴木: 1991) として見られることもしばしばある。この場合大陸上から巻雲が海上に東進しその下で対流雲が発達することによりこのパターンができる場合が時々見られる。この時の気圧は1004hPaで、気圧傾度は8hPa/500kmである。天気図では、上層は閉じたトラフの周りを回るショートトラフの前面にあたり、地上解析でも等圧線の膨らみが見られトラフが解析される。

12時間後のパターン②は雲域がコンマ形に変化しつつある段階で雲頂高度が上昇し、南北に長い雲域となる。中心気圧は994hPa、気圧傾度は12hPa/500kmである。地上天気図ではこの段階で低気圧として解析されることが多い。

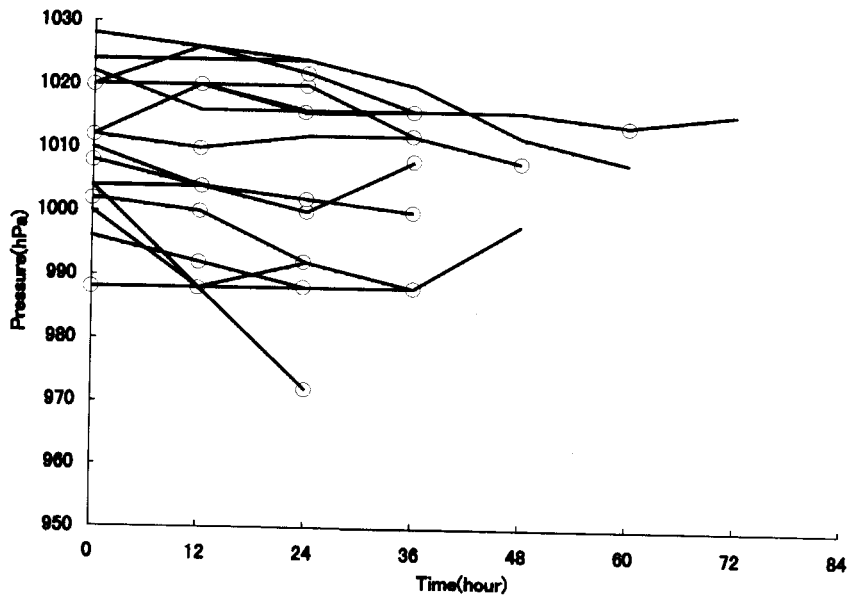
24時間後には典型的なコンマ雲のパターン③となる。時に、特に東側の前線との距離が近いときはコンマ雲と傾圧帯上の雲域の間をつなぐような雲が現れることがある。この場合はきれいなコンマ形の雲にならずとも気圧が深まり、むしろ発達スピードはこちらの方が速いことが多い。中心気圧は987hPa、気圧傾度は15hPa/500kmである。

36時間後にはコンマ形のパターンから渦巻きのパターン④に変化する。この渦巻きの巻数はまだ1周してはいない。気圧は981hPaで12時間前より低くなるが

Estimation of Central Pressures of Comma Cloud



(a)



(b)

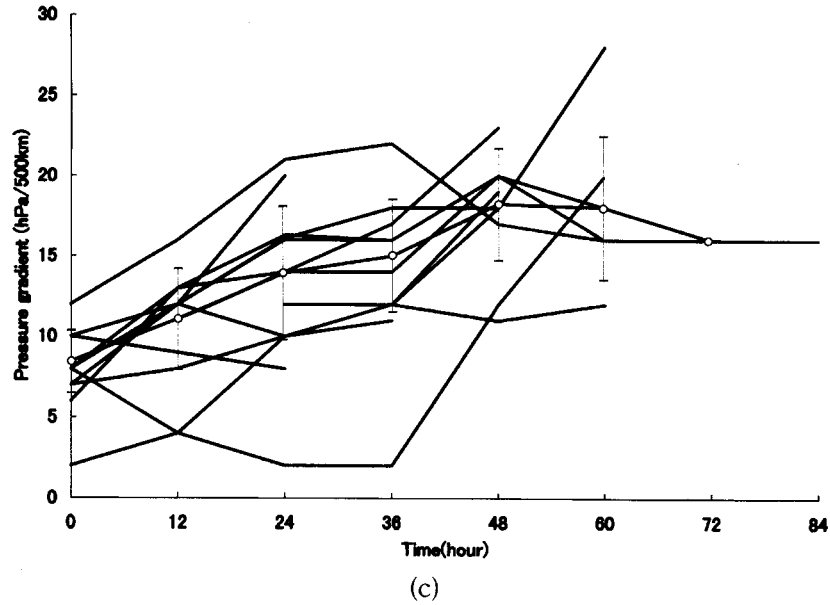


Fig. 4 Central surface pressure and pressure gradient of the comma clouds with time. (a) Surface pressure for the developing comma clouds (Mean values are shown with standard deviation. Statistics are done with three exceptions whose pressure trends are unusually different from others). (b) Same as (a) but for non developing comma clouds. (c) Pressure gradient for the developing comma clouds.

気圧傾度は15hPa/500kmと12時間前と変わらない。

48時間後のパターン⑤は完全な渦巻となるが渦の形は楕円だったり不規則的だったりし、また、中心付近の赤外画像上の雲頂高度が下がり、画像上は擾乱は衰弱しつつあるように見えることが多い。

60時間後は擾乱の中心にある渦巻きの部分の雲域がなくなり再びコンマ形の雲域であるパターン③に戻る。成長期のものと異なり高度の高い上層の雲は見られない。

気圧の深まりの遅速は雲パターンの変化にも表れ、発達遅い擾乱は雲パターンの変化も小さい。このことから雲パターンからコンマ雲の中心気圧および中心付近の気圧傾度を見積もることができる。

3-2 その他の特徴とコンマ雲の発達

次に巻雲のシールドの存在とコンマ雲の発達を考える。Fig. 5の中でシーラスストリークの記号で表しているものである。Fig. 4-bで丸で囲われたものはこの






Time (hr)	0	12	24	36	48
Pattern	1  なまこ型、JPCZ、断片等	2 	3 	4 	5  雲からは衰弱したように見える
Pressure (hPa)	1004	994	987	981	970
P-gradient (hPa/500km)	8	12	15	15	20

Fig. 5 Typical development of cloud pattern, central pressure, and pressure gradient for the comma clouds.

巻雲のシールドが見られるものである。巻雲シールドのあるものと無いものが混在しており、一定の傾向は見られない。ところが、発達するコンマ雲の場合は、図は示さないが、12時間以降に巻雲シールドの見られなかったものは一つもない。巻雲シールドによってコンマ雲の発達を見積もることはできないが、まとまった雲域が見つかったから12時間以上経っても巻雲シールドが見られない場合コンマ雲の発達はないといえる。残念ながらその逆に巻雲シールドがあるから発達するとは言えない。また発達するコンマ雲の場合も、衰弱の兆候として巻雲シールドの消滅が見られる。ただし、中心気圧は雲パターンの変化に12時間遅れて現れる。この事は中心時系列で、最低気圧が現れているパターン⑤では巻雲シールドが消滅した段階であることから分かる。

雲域のサイズについては Fig. 6 に示す。2000kmの大きさまではサイズの大きいほど中心気圧は低く、中心付近の気圧傾度が大きい。しかし、4000kmでは中心気圧は低いものの気圧傾度は小さくなっている。今回はサイズを取り込んだ中心気圧の見積もりは行えなかったが、大まかに言えば、擾乱の発達とともにサイズが大きくなる傾向は見られる。また、この図で特徴的なことは500km以下の雲域の擾乱が1例しかないことである。発達しなかったコンマ雲の中には500km以下の雲域がいくつもあり、最初のサイズが500km以下の雲域は特別な場合以外発達しないとさえそうである。

発達初期の24時間の雲パターンの特徴は発達するものとそうでないものの違いを見つけることは非常に困難である。したがって、発達するコンマ雲と発達しないものを選別するための着眼点は、巻雲シールドと初期の雲域のサイズである。

3-3 中心気圧の見積もり

雲域のサイズと巻雲シールドは、コンマ雲の中心気圧の見積もりには現在のところ利用する方法が分からない。したがって、今回は雲パターンだけから中心気圧を見積もることを考える。しかし擾乱の発達初期には、発達するものとそうでないもののパターンは区別がつかない。そこで、サイズや巻雲シールドの特徴を、発達するコンマ雲であるか発達しないものであるか見極めることに利用した。

コンマ雲の発達は Fig. 5 を用いてパターンから中心気圧と気圧傾度を換算する。Fig. 7 は見積もられた中心気圧と地上天気図で解析されている気圧の対応を示す。パターン③と④がもっとも見積もりのばらつきが大きく、精度は9 hPa 程度である。その他のパターンでは5 hPa 程度の精度で中心気圧が見積もられている。これは SMB 法による傾圧帯上で発達する日本周辺の低気圧の中心気圧の見積もり精度よりも少し良い。今回の手法では雲パターンのみを用いて気圧を求めたが、ある程度の精度がでることが分かった。

見積もりの方法をまとめると

- (1)シノプティック低気圧の寒気場内にまとまった雲域が現れたらそのサイズを測定し、500km以上の広がりがあれば、パターンと気圧の対応表により気圧を見積もっておく。
- (2)12時間経っても巻雲シールドが現れない場合、発達しない擾乱と考え見積もりを中止する。巻雲シールドが現れた場合は、それ以後もパターンとの対応により気圧を見積もっていく。
- (3)時間の経過と共に通常は雲域も発達していくが、巻雲シールドが消滅した場合はコンマ雲の発達が終了したと判断する。

この手順を Fig. 8 にフローチャートとしてまとめる。

通常はこの方法でコンマ雲の気圧の見積もりがうまく行くが、1例だけパターン③まで雲が発達しているのに中心気圧は1010hPa程度と、大きくずれたものがあった。この方法により完全にすべてのコンマ雲の中心気圧が見られるというわけにはいかないようだ。

4. おわりに

コンマ雲の発生機構や構造については二宮らを始めとする調査で、上層の正渦度移流と下層の傾圧性によることが知られている。今回の調査の対象としたコンマ雲は殆どが日本の東海上で発生・発達しているために気温や風速のデータによりこの事を確認することはほとんどできなかったが、2-3で示した事例のように日本付近で発生したものは上記の特徴を示す大気状態であった。

コンマ雲の発生過程に日本海の帯状対流雲や北東気

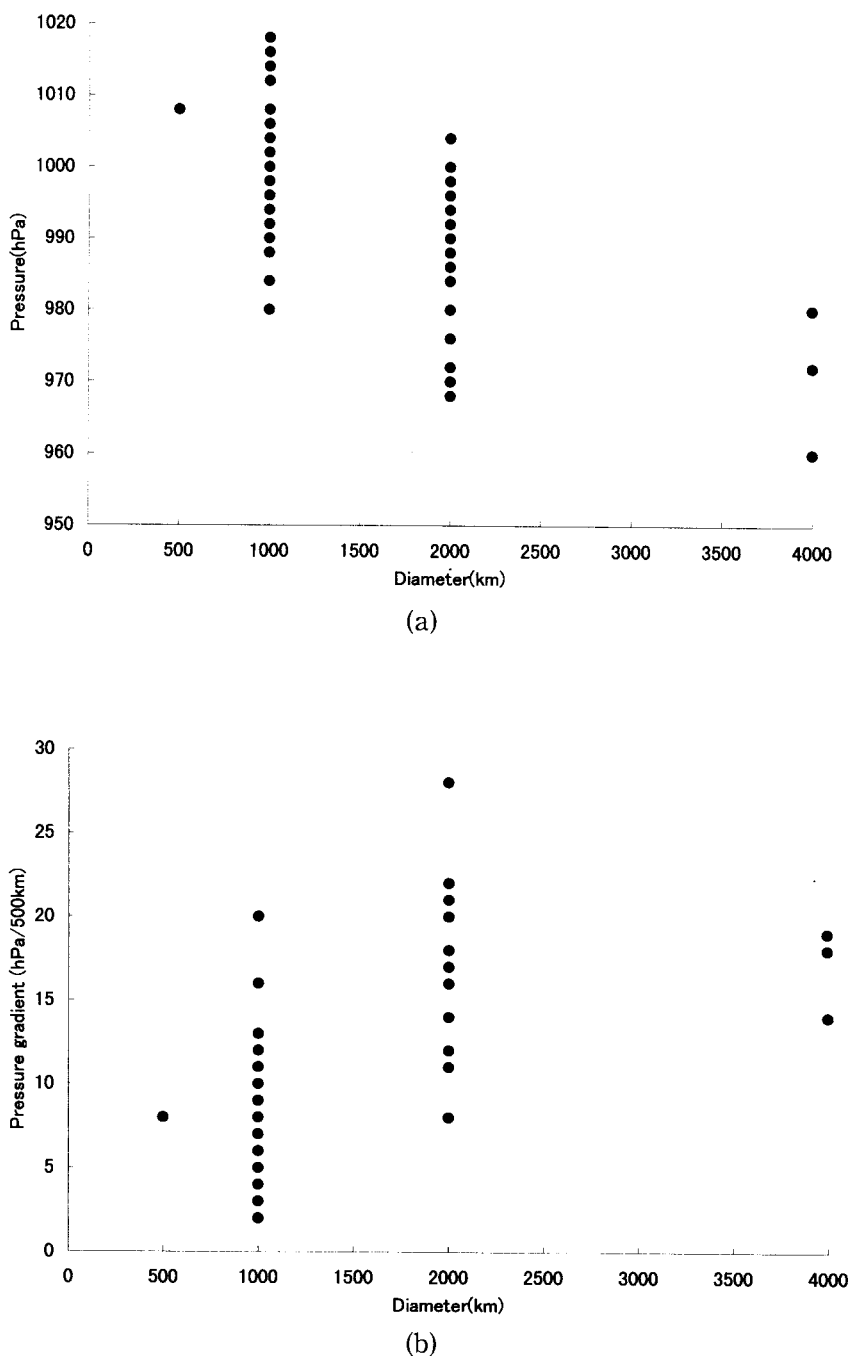


Fig. 6 (a) Relation between the size of the comma clouds and the central pressures.
 (b) Relation between the size of the comma clouds and the pressures gradients.

流の場合の関東沖の雲が発達することが含まれることは、興味のあることである。大久保 (1995) は日本海の帯状対流雲の中の渦が傾圧擾乱の性質を持つことを示している。地上 (海上) の南北温度傾度のある地域に上層の正渦度が移流した場合に上層と下層の相互作用により低気圧が発達するが (Holton: 1992)、コンマ雲の発生域が日本海中部や関東沖など海面水温の南北傾度の大きい部分にあたることは同様な機構による

傾圧不安定による擾乱の発達を示唆すると考えられる。

コンマ雲の発生発達には数値予報モデルでもある程度予想される現象である。実況値とともに数値モデルや衛星画像による発達の見積もりが天気図解析に利用できるものとする。

これまで気象衛星センターから出されたパンフレット類ではコンマ形雲またはコンマ型雲と両方の記述が混用されている。今回は論文等で現在もっとも普通に

Estimation of Central Pressures of Comma Cloud

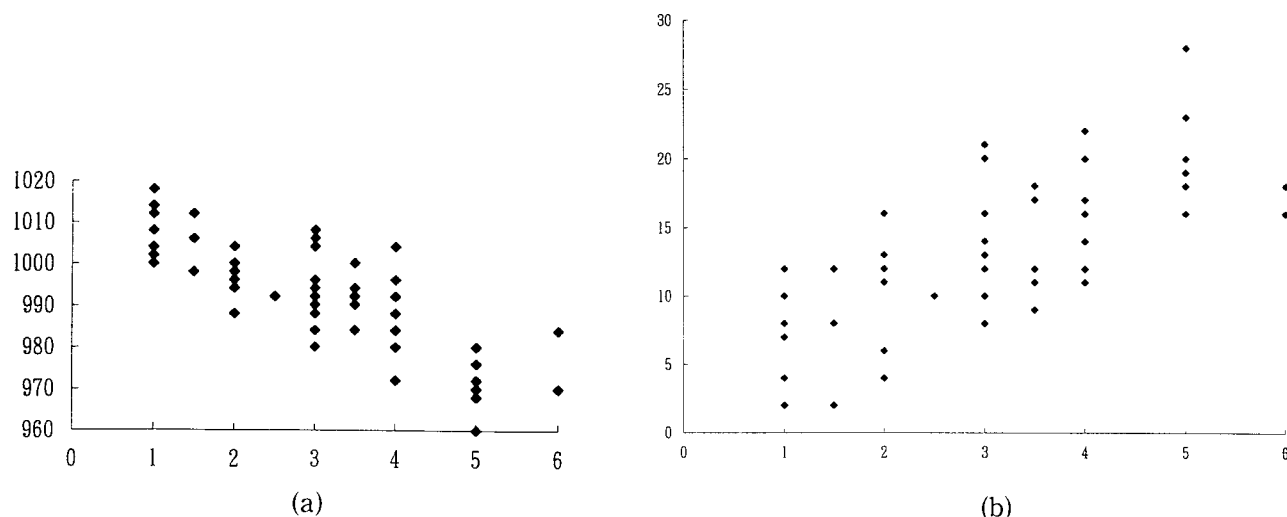


Fig. 7 (a) Relation between the cloud pattern and the central pressure. (b) Relation between the cloud pattern and the pressure gradient.

見られる“comma cloud”を直訳してコンマ雲と記述した。

5. 謝辞

本稿をまとめるにあたり、気象衛星センター解析課の元木敏博課長および山口俊一調査官から貴重なご助言をいただきました。記して感謝いたします。

参考文献

- Bader M.J., G.S. Forbes, J.R. Grant, R.B. Lilley, and A.J. Waters, 1995: Images in Weather Forecasting, Cambridge University Press, 499pp.
- Carlson T.N., 1991: Mid-latitude Weather Systems, Harper Collins Academic, 257-263.
- Holton J.R., 1992: An Introduction to Dynamic Meteorology, Academic Press, 511pp.
- Ninomiya K., 1989: Polar/comma-cloud lows over the Japan Sea and northwestern Pacific in winter, J. Met. Soc. Japan, 67, 83-97.
- Ninomiya K., 1994: A meso-scale low family formed over the northeastern Japan Sea in the northwestern part of a parent polar low, J. Met. Soc. Japan, 72, 589-603.
- Rasmussen E. A., J Turner, and P.F. Twitchell, 1993: Report of a Workshop on Applications of

New Forms of Satellite Data in Polar Low Research, Bull. Amer. Meteorol. Soc. 74, 1057-1073.

Reed R.J. and W. Blier, 1986: A case study of comma cloud development in the eastern pacific, Mon. Wea. Rev, 114, 1681-1695.

Smigielski, F.J. and H.M. Mogil, 1992: A systematic satellite approach for estimating central pressures of mid-latitude oceanic storms. NOAA Technical Report NESDIS 63, U.S. Department of Commerce, 65pp.

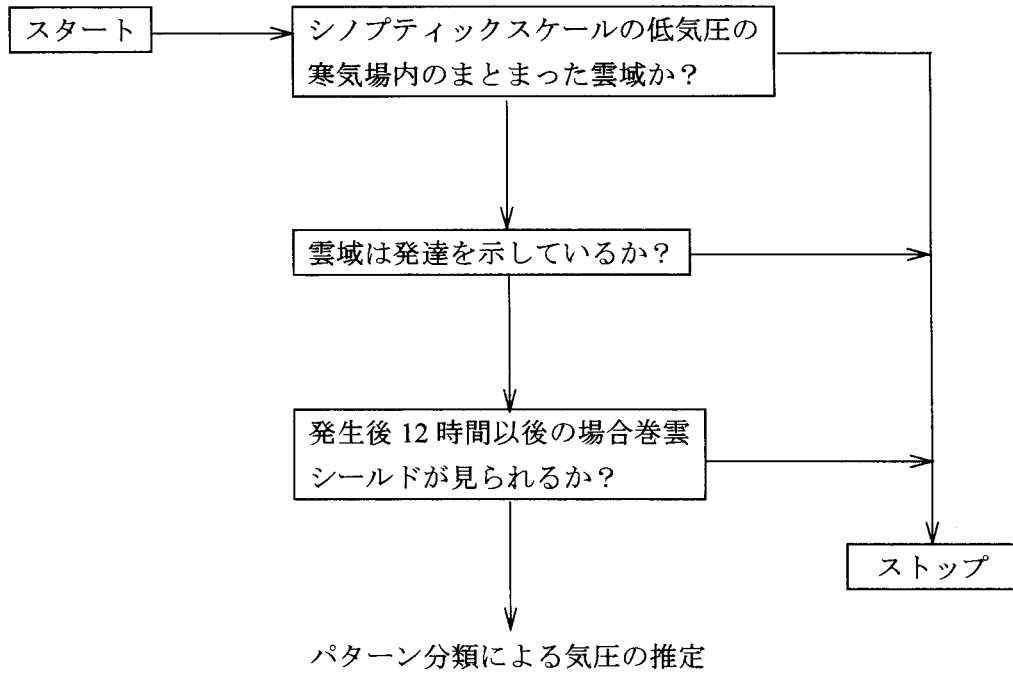
大久保篤、1995: 冬季の北陸地方に見られる2種類の渦状擾乱、天気、42, 705-714.

気象衛星センター、1983: 気象衛星ひまわりによる雲画像の解析とその利用、気象衛星センター、87-92.

気象庁予報部予報課、1991: メソ量的予報技術の確立について(第1年度)、研究時報、43、323-348.

隈部良司・岸本賢司・桜井利幸、1996: 衛星画像を用いた温帯低気圧の中心気圧の見積もり、気象衛星センター技術報告、31、1-15.

コンマ雲の中心気圧の衛星画像を用いた推定法





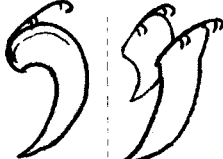


Time (hr)	0	12	24	36	48
Pattern	1  なまこ型、JPCZ、断片等	2 	3 	4 	5  雲からは衰弱したように見える
Pressure (hPa)	1004	994	987	981	970
P-gradient (hPa/500km)	8	12	15	15	20

Fig. 8 Flow chart for estimating the central pressure of a comma cloud.