

雲画像による寒冷前線解析の可能性

An Ability of Analyzing Cold Fronts by Satellite Imageries

西本 洋相*・林 宏一**

Yosuke Nishimoto, Koichi Hayashi

Abstract

An ability of deciding locations of cold fronts by using Visible(VIS) and Infrared(IR) imageries is investigated by using conceptual models. The models are 'rope clouds', 'convective cloud lines' and 'cloud band'. The investigated area is the vicinity of Japan and the east off Japan, and the period is during 1993 except from July to September when cold fronts are not recognized clearly. The result is that in 27% of all cases cold fronts are determined quite accurately. We also analyzed the cold pattern of cold fronts according to locations of extratropical cyclones, and have found that in the cases of weakened extratropical cyclones east off Japan the locations of cold fronts could be accurately determined.

1. はじめに

気象現象の解析は、斉藤(1973)の言うように観測された気象要素から一つの秩序だった大気の像を作り上げることである。気象衛星センターにおいては、岡林(1982)が示した概念モデルや気象衛星センター(1983)のマニュアルによった雲解析作業が行われている。しかし、近年は多くの観測資料が計算機処理を前提とした形へと整理されており、雲解析の分野においても解析手法のさらなる客観化は大きな課題となっている。天気図解析の資料としての雲解析においても、低気圧の中心や温暖前線、寒冷前線の客観的な位置の解析が求められている。

そのためには、既存の知見の集約や新しいセンサーによる画像の解析などを通して、新たな概念モデルやマニュアルの作成が必要だろう。その第一歩として、

現在まで積み上げられてきた可視、赤外画像の解析技術を整理しておくことは、今後の画像解析の可能性や課題を明らかにする上でも重要である。

ここでは雲解析の結果を天気図解析に利用する観点から、気象庁(1976)によっても明瞭な雲システムにより解析可能とされている寒冷前線に着目し、その概念モデルを整理し、可視、赤外画像による解析に応用してみた。

2. 検討の方法

寒冷前線の解析の前提となる概念モデルは気象衛星センター(1983)やBrowning(1990)、Shapiro and Keyser(1990)のレビューから抽出した。次に、この概念モデルを日本付近の寒冷前線に適用した。

まず、ある時刻に日本付近に低気圧やそれに伴う寒冷前線が存在しているか否かの判断は、気象庁の印刷

* 気象庁予報部予報課

** 気象衛星センター解析課

(1995年12月5日受付、1996年1月8日受理)

天気図上での寒冷前線を伴う低気圧の有無によった。印刷天気図で寒冷前線を伴う低気圧が解析されている場合は、対応する画像上の低気圧雲システムを特定し、その寒冷前線部分と概念モデルの比較検討を行った。また、寒冷前線に対応する雲域が存在しない場合や寒冷前線に対応するか否か判断が難しい場合は解析不能とした。

これらの検討は1993年のうち、寒冷前線が不明瞭な暖候期6～9月を除いた期間について行った。検討の範囲は日本付近から日本の東海上にかけて、印刷天気図と閲覧用ポラーステレオ画像の両方で位置が確認できるところとした。

各事例ごとに次の解析を行った。①寒冷前線に対応する雲パターンもしくは対応する雲なし、不明の区別、②寒冷前線に対応する部分の大まかな幅、③低気圧の雲システムの特徴。なお、②の雲域の幅は寒冷前線に対して直角方向の雲バンドや雲列の幅を緯度単位で目視により大まかに示し、解析精度の目安とした。これらを集計することにより、現在の画像解析技術による寒冷前線の解析可能性を示した。

3. 寒冷前線に関する雲パターンの特徴

これまでの寒冷前線の概念モデルを検討した結果、抽出された雲パターンの特徴はロープクラウド、対流雲列、雲バンドである。これらについて雲パターンの特徴の概要、実際の雲画像例を示す。

3. 1 ロープクラウド

ロープクラウドは、気象衛星センター（1983）によると、帯状の雲域の南縁にできる細くて長い積雲の雲列で、活動の弱まった地上の寒冷前線に沿って観測される。

Shapiro and Keyser (1990) においても前線の先端部での上昇流によって形成された降水を伴わないエンハンスド積雲の列と認識している。したがって、画像上のロープクラウドの位置は寒冷前線と良く一致していると考えられる。ロープクラウドが画像上で認識できることは、ロープクラウドを覆うほどの対流活動が

見られない、すなわち寒冷前線の活動が弱いという事を示している。

次に、1993年12月23日09時(JST)の例を示す。この時の地上天気図を Fig.01に示す。日本のはるか東の閉塞点低気圧から南西へ寒冷前線が延びている。同時刻の赤外、可視画像を Fig.02～03に示す。赤外画像では低気圧本体の南西側の寒冷前線付近には下層雲のバンドが確認できるのみだが、可視画像ではこの雲バンド南縁の X1～Y1 にかけてロープクラウドが明瞭に解析できる。このロープクラウドの位置は印刷天気図における寒冷前線の位置と良く一致しており、船舶の観測及び南鳥島の観測データからも妥当である。

3. 2 対流雲列

寒冷前線の概念モデルとして Browning and Keyser (1990) はアナフロント型とカタフロント型を紹介している。アナフロント型では地上の寒冷前線付近での線状の対流活動があり、強い降雨を伴うとされている。この場合は、Browning and Harrold (1970) のように画像上で発達した対流雲列が確認できれば、寒冷前線に対応しているといえる。カタフロント型では上空の寒冷前線が先行し、地上の寒冷前線付近の対流活動は弱い。画像上で対流雲列として認識することは難しいが、Browning and Monk (1982) のように下層バンドの寒気側の縁で、クリア域との境界として認識できると予想される。

次に、1993年12月15日09時の例を示す。この時の地上天気図を Fig.04に示す。日本のはるか東の低気圧から南西に寒冷前線が延びている。同時刻の赤外、可視画像を Fig.05～06に示す。赤外画像では低気圧本体の南西側には寒冷前線に対応する対流雲がバンド状に延びているのが確認できるのみだが、可視画像では X2～Y2 にかけて列状に並んだ対流雲群が解析できる。画像では明瞭な対流雲列が解析され、アナフロント型の寒冷前線と見られる。この対流雲列の位置は印刷天気図における寒冷前線の位置と良く一致しており、船舶の観測データからも妥当である。

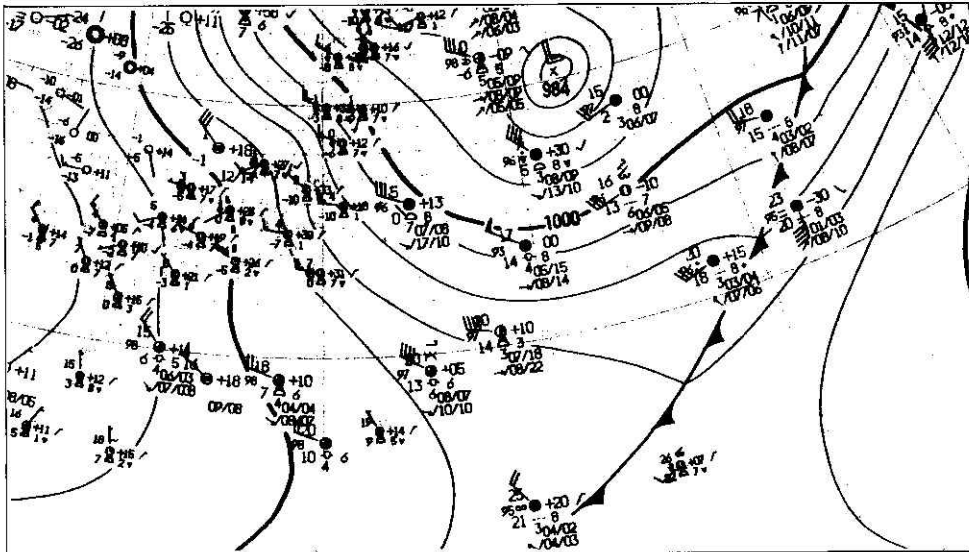


Fig.01 Surface weather chart at 00UTC Dec.23 1993.

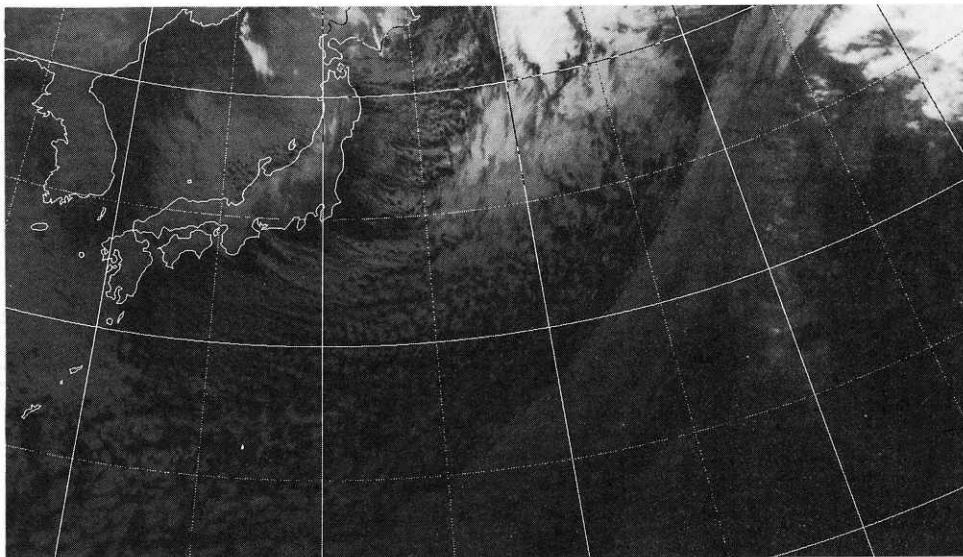


Fig.02 IR images at 00UTC Dec.23 1993.

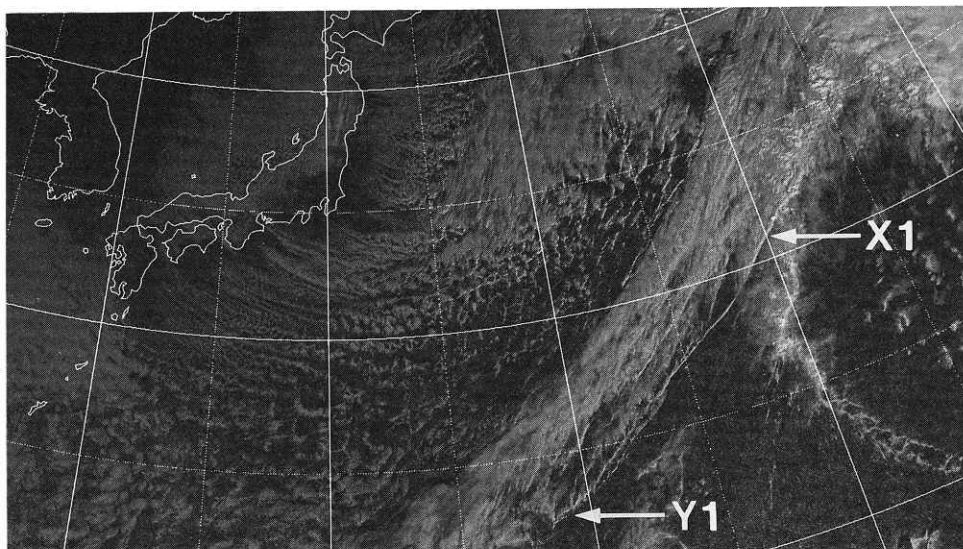


Fig.03 VIS images at 00UTC Dec.23 1993.
A white sharp line from X1 to Y1 in this image shows 'rope clouds'.

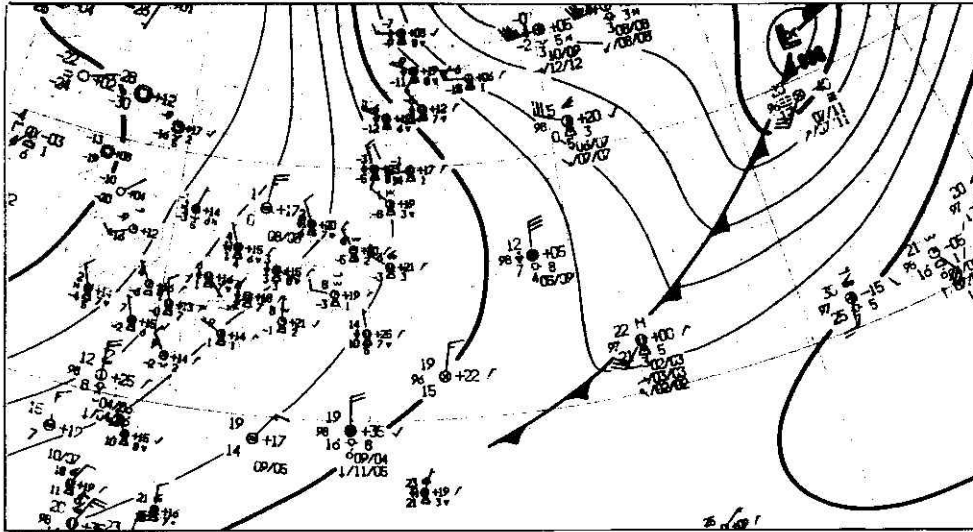


Fig.04 Surface weather chart at 00UTC Dec.15 1993.

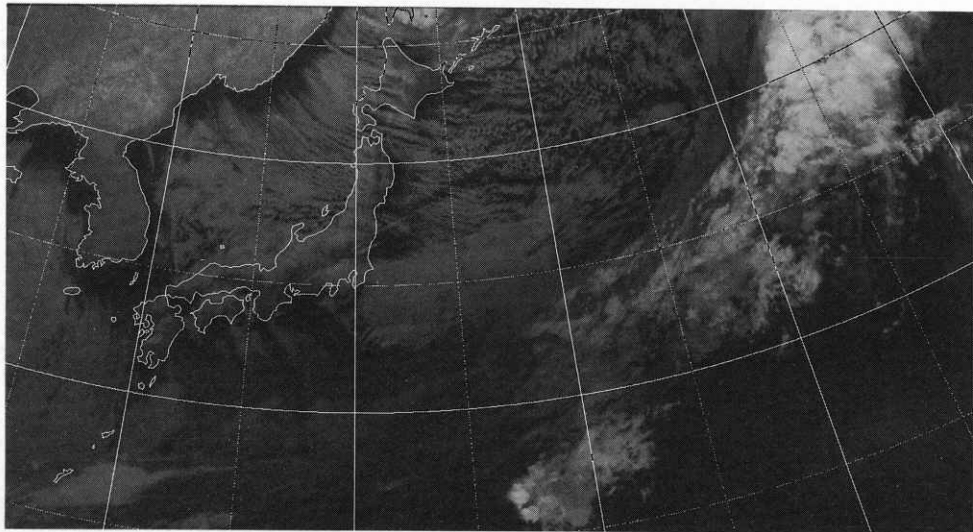


Fig.05 IR images at 00UTC Dec.15 1993.

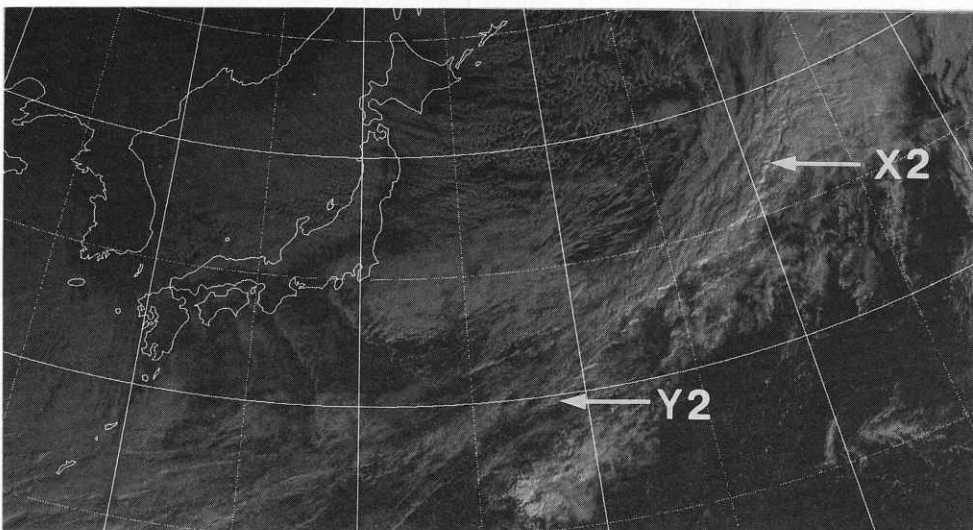


Fig.06 VIS images at 00UTC Dec.15 1993.
White line distribute from X2 to Y2 in this image shows 'convective cloud lines'.

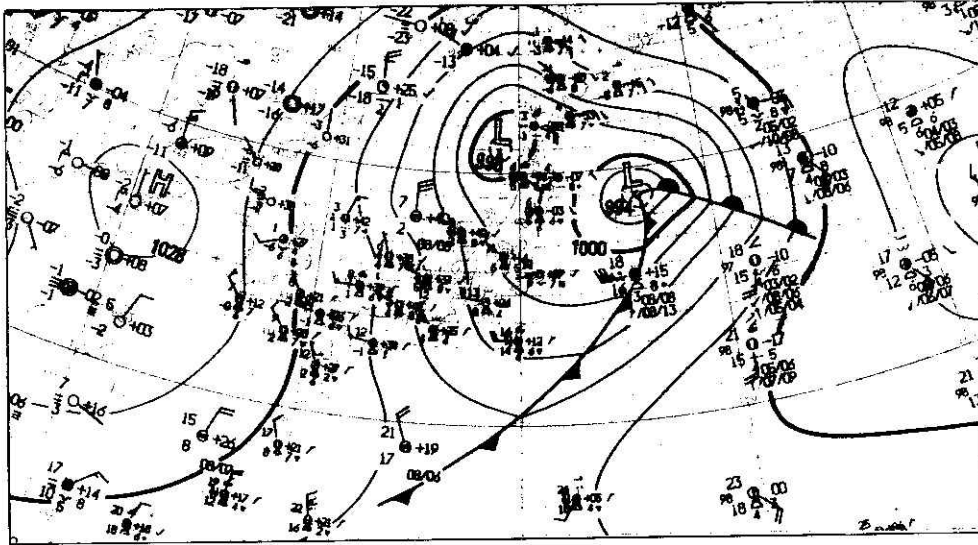


Fig.07 Surface weather chart at 00UTC Dec.11 1993.

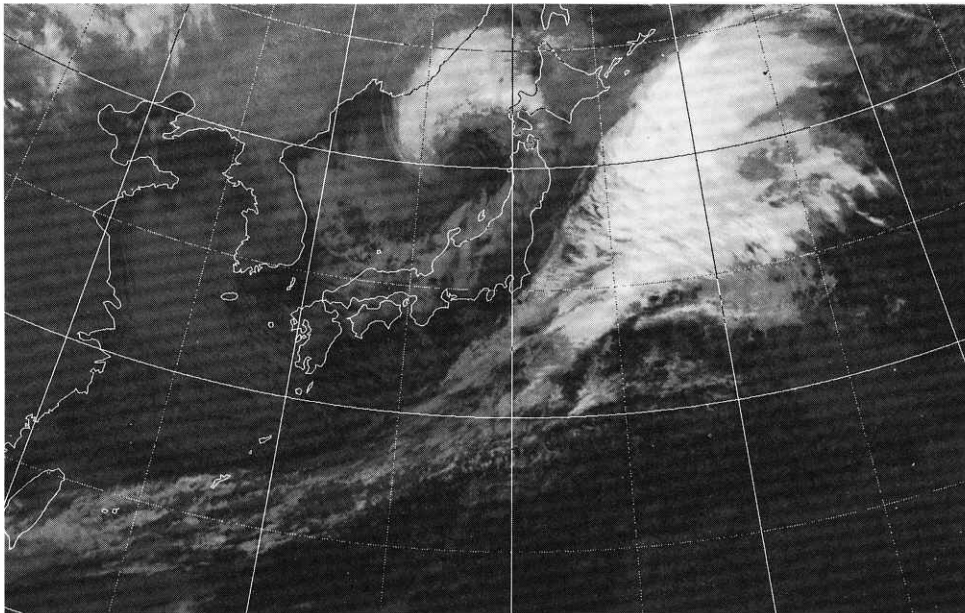


Fig.08 IR images at 00UTC Dec.11 1993.

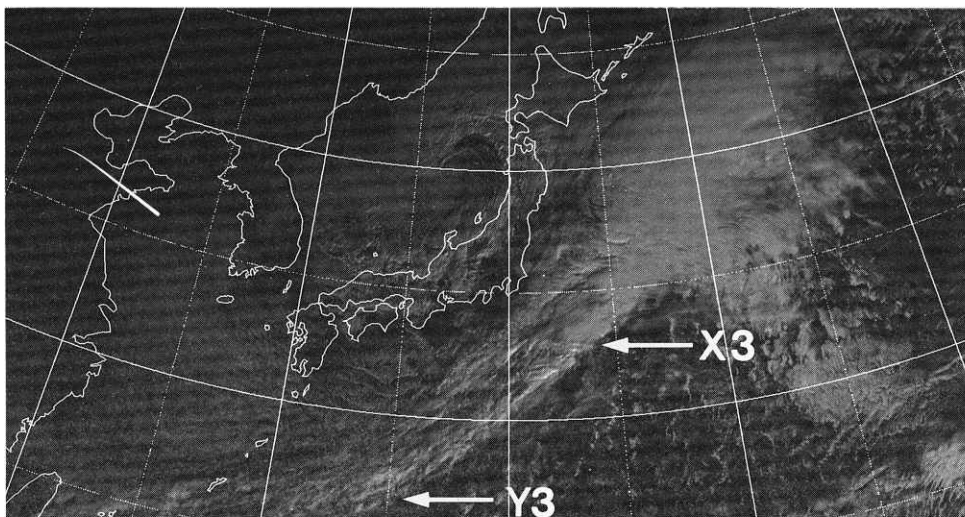


Fig.09 VIS images at 00UTC Dec.11 1993.
White band from X3 to Y3 in shows 'cloud band'.

3. 3 雲バンド

単一の対流雲列の場合は寒冷前線と解析することは比較的容易である。一方、レーダー、ゾンデなどを用いた組織的な観測の解析から Houze et al. (1976) や Hobbs (1978) は寒冷前線付近にいくつかのレインバンドがあることを報告している。この場合、衛星画像上では対流雲を含む雲バンドとして認識されると考えられる。Browning and Keyser (1990) は対流雲列が層状雲の塊の中に埋もれる場合を指摘しており、この場合は厚い雲バンドのみが観測されるだろう。

次に、1993年12月11日09時の解析例を示す。この時の地上天気図を Fig.07に示す。三陸沖の低気圧から南西に寒冷前線が延びている。同時刻の赤外、可視画像を Fig.08~09に示す。赤外画像では低気圧本体の南西側には寒冷前線に対応する対流雲がバンド状に延びているのが確認できるのみだが、可視画像では X3~Y3 にかけて赤外画像よりも幅の狭いバンド状の対流雲群が解析出来る。雲バンドの位置は印刷天気図における寒冷前線の位置を含んでおり、この場合は、雲バンドの幅が画像上の寒冷前線の解析精度となる。

4. 日本付近の寒冷前線への適用

4. 1 寒冷前線の雲パターンの分類

寒冷前線に関する雲パターンを日本付近の雲域に適用してみた。寒冷前線に対応する雲域がある場合は、①ロープクラウド、②対流雲列、③雲バンドのいずれかの雲パターンに分類した。その他、④雲なし、⑤不明の各事例数を集計すると、総解析数は625例あった。

結果を Table.01、Fig.10に示す。この表から、全寒冷前線例の75%余り是对応する雲システムが存在することが分かった。このうち、寒冷前線の雲システムは雲バンドとして解析される場合が全体の半数近くあり、対流雲列やロープクラウドのような幅の狭い雲システム（表ではラインと表示）として解析される場合は全体の30%弱であった。特に10月は対流雲列やロープクラウドとして解析される場合が約20%に減り、雲バンドが約60%と増加する。

次に、雲バンドと解析された事例について、目視によりその幅を見積もった。幅は、およそ緯度1度以上2.5度未満、2.5度以上5度未満、5度以上の3分類し

Table 01		解 析 数								
月		1月	2月	3月	4月	5月	10月	11月	12月	年
雲	総解析数	71	80	75	67	107	104	55	66	625
パ										
タ	ロープクラウド	8	4	8	5	2	1	3	6	37
ル	対流雲列	17	21	13	14	30	23	10	12	140
ン	雲バンド	29	46	33	23	47	63	24	24	289
	なし	5	1	3	7	8	8	9	10	51
	不明	12	8	18	18	20	9	9	14	108
	ライン	25	25	21	19	32	24	13	18	177
	<2.5度	4	19	6	2	5	27	4	2	69
雲	<5度 N	13	26	15	16	36	32	11	9	158
幅	5度 N<	12	1	12	5	6	4	9	13	62
	不明	17	9	21	25	28	17	18	24	159

Table.01 Number of analysed cold fronts specified by cloud pattern and of ones classified by cold width.

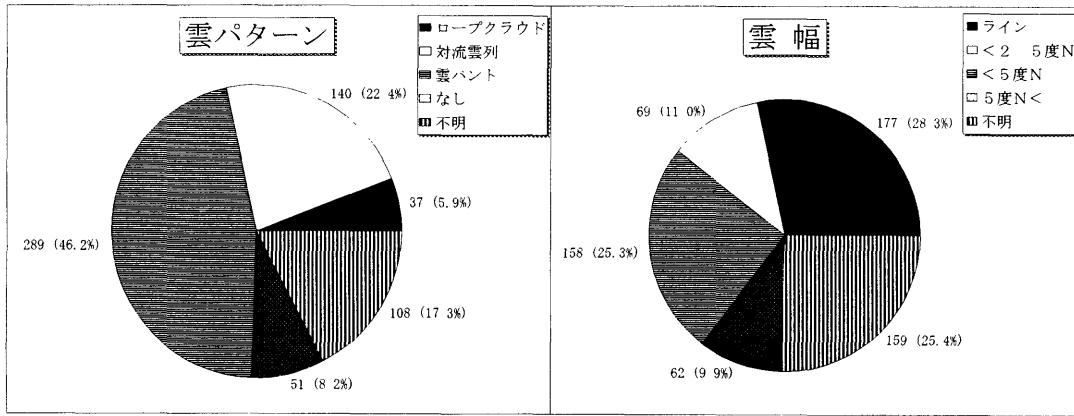


Fig.10 Percentage of cold fronts specified by its cloud pattern.

Fig.11 Percentage of cold fronts classified by its cloud width.

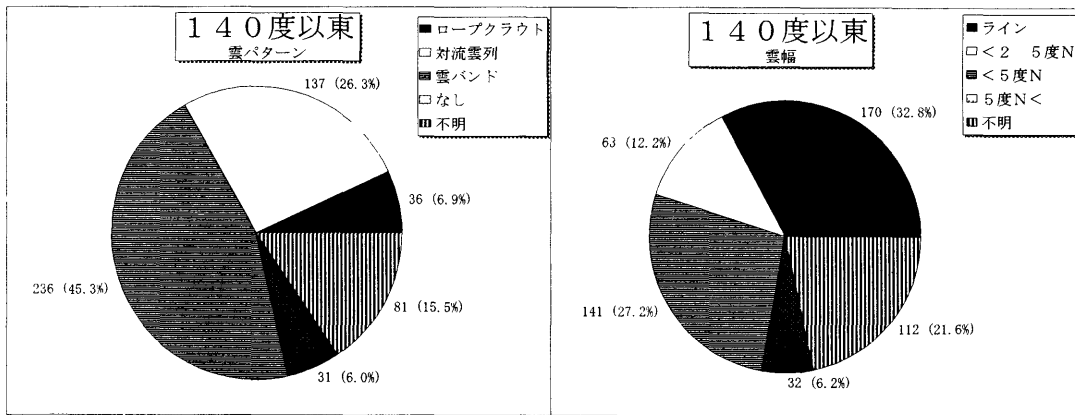


Fig.12 Same as Fig.10 Where the center of low locates east of 140° E

Fig.14 Same as Fig.11 Where the center of low locates east of 140° E

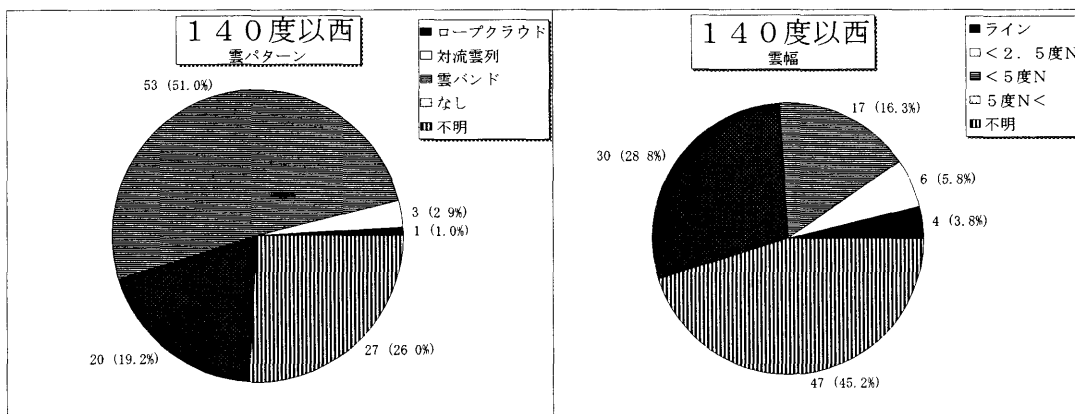


Fig.13 Same as Fig.10 Where the center of low locates west of 140° E

Fig.15 Same as Fig.11 Where the center of low locates west of 140° E

た。集計結果を Table.01、Fig.11に示す。雲バンドの幅は緯度2.5度以上5度未満の場合が多く、雲バンドと解析される場合の50%以上がこの範疇に入る。

4. 2 低気圧の位置と寒冷前線の解析

擾乱が大陸上にある場合に比べ、海上にある場合の方が雲パターンは明瞭になり、雲解析も容易になることは、日常経験することである。ここでは、寒冷前線に対応する雲域についてこのことを確かめた。低気圧の位置が、東経140度以西、すなわち大陸や日本付近にある場合と東経140度以東の太平洋上にある場合に分類した。その結果を Fig.12~15に示す。

東経140度以西では、寒冷前線に対応する雲域がない場合と不明の合計が45%に達する。また、寒冷前線が解析できても、幅5度以上の雲バンドと分類される場合が最も多く、細かい解析精度は期待できない。しかし140度以東では、逆に寒冷前線対応の雲システムが解析される割合が約80%ある。その内、対流雲列、ロープクラウドとして精度良く解析される場合が30%を超える。

一般的に低気圧は日本付近を発達しながら東進し、日本の東海上で衰弱することと考え合わせると、低気圧が衰弱期に入るほど寒冷前線の雲解析の精度は向上すると言える。低気圧の中心気圧が12時間前に比べ低下している場合は対流雲列やロープクラウドの解析例は見られないが、逆に高くなっている場合の70%近くは対流雲列やロープクラウドとして解析できる。

すなわち、低気圧が日本の東海上に進み、衰弱期に入ると、寒冷前線の解析精度も向上するといえる。

5. 結論

雲解析により緯度1度未満の精度で寒冷前線の位置を特定できるのは、対流雲列およびロープクラウドが解析される場合であり、全体の27%がこれに当たる。また、低気圧が大陸上や日本付近で発達過程にある場合より、日本の東海上に進み、衰弱期を迎えている場合の方が精度良く解析出来ることが分かった。

天気図解析においては、データの少ない海洋上での

低気圧や前線の解析が大きな課題であることを考えれば、上の特徴は、雲解析が天気図解析の基礎資料として充分価値があることを示している。

今後は、GMS-5に搭載された水蒸気画像など他画像を併用し、解析精度の向上を図ることが大きな課題となる。

6. おわりに

本報告は、1994年度に解析課内で行った雲解析調査の結果をとりまとめたものである。解析対象が寒冷前線の雲域に限られており、全体的な雲解析の精度や解析可能性の検討には至っていない。雲解析手法の客観化の観点からも、今後さらに改良された方法によりこの種の調査が継続される事を期待する。

なお、調査課程で貴重なコメントを多くいただいた雲解析調査のグループの方々、解析課の皆さんに感謝します。

参考文献

- Browning, K. A., 1990: Organization of clouds and precipitation in extratropical cyclones, Extratropical cyclones, American Meteorological Society. 167-191
- Browning, K. A. and T. W. Harrold, 1970: Air motion and precipitation at a cold front, Quart. J.R. Met. Soc., 96, 369, -389
- Browning, K. A. and Monk, G. A., 1982: A simple model for the synoptic analysis of cold fronts, Quart. J. R. Met. Soc., 108, 435-452
- 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, 1-271.
- 平隆介, 1993: 数値予報とりモートセンシング, 数値予報課報告, 第39号, 1-17.
- Hobbs, P. V., 1978: Organization and structure of cloud and precipitation on the mesoscale and microscale in cyclonic storms, Review of Geophysics and Space Physics, vol. 16, no. 4, 741-755
- Houze, R. A. Jr., P. V. Hobbs, K. B. Biswas and W.

- M.Davis, 1976: Mesoscale rainbands in extratropical cyclones, Monthly Weather Review, 104, 868-878
- 気象庁, 1976: 予報と解析への気象衛星資料の利用, 33-46
- 岡林俊雄, 1982: 気象衛星資料の利用 (II), 測候時報, 49巻, 4号, 185-250
- 斉藤直輔, 1973: 天気図解析, 天気予報指針 (基礎編), 気象庁予報部, 38-56
- Shapiro, M.A. and D.Keyser, 1990: Fronts, jet stream and the tropopause, Extratropical cyclones. American Meteorological Society, 167-191