



# HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	GMS-1の短時間連続観測から求めた季節風下の日本海の雲のステレオ解析
Author(s)	遠藤, 辰雄; ENDOH, Tatsuo; 若浜, 五郎 他
Citation	低温科学. 物理篇, 41, 129-142
Issue Date	1983-03-22
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/18464">https://hdl.handle.net/2115/18464</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	41_p129-142.pdf



## GMS-1 の短時間連続観測から求めた季節風下の 日本海の雲のステレオ解析

遠藤辰雄・若浜五郎

(低温科学研究所)

入川真理

(北海道大学大学院 理学研究科)

穂積邦彦

(斜里高等学校)

元木敏博

(気象庁 気象衛星センター)

(昭和 57 年 10 月受理)

### I. 緒 言

気象衛星の画像が得られるようになってまもなく、冬期季節風下に発生する日本海上の雲は筋状に分布していることが注目された。そのなかで特に、朝鮮半島北東部のつけ根あたりから出発するひときわ幅の広い雲列が北陸など日本海沿岸地方までのびていることがある。そのとき、当該地方に大雪をもたらすことが多いと指摘されてきた。この雲列を岡林<sup>1)</sup>は「収束帯状雲」と称した。後に穂積・孫野<sup>2)</sup>はその様な雲の占める雲列の領域を指して「日本海収束帯」と呼んだ。このころになると GMS-1 の鮮明な画像が得られるようになり、その微細な形状や模様を目を向けられだした。内田<sup>3)</sup>は主風向に対し直角方向にならぶトランスパース・モード(よこすじ)の雲列が大陸の海岸の一点から発生し、その雲域が風下に進むにつれて、次第に逆 V 字型に広がるものを指して、それを「V 字型雲パターン」と名づけている。さらに内田はそのトランスパース・モードの雲の中央部が日本列島に上陸するところで降雪が最大になるように分布して降ることが多いこと、またこの V 字型が上陸直前にくずれるとき、収束帯の南側に多く降ることを挙げている。この V 字型の雲パターンの雲域の風上寄りのところでは、この雲列の起点近くの海岸からラジオストック付近まで至る海岸地帯から無数に発生する、風に沿った走向のロンジチューディナル・モード(たてすじ)の筋状雲の列とこのトランスパース・モードの雲列が直交するようにみえることがしばしばある(第 1 図参照)。これら双方の上下の関係はこの中規模現象の風の循環の構造を調べるための一つの鍵となると考えられ、多くの関心が寄せられているところであるが、それはいまだに明らかではない。一方、穂積ら<sup>4)</sup>はこの収束帯が発生するときに、長岡でラジオゾンデを飛揚して得られたデータと気象庁高層観測点のデー

\* 北海道大学低温科学研究所業績 第 2491 号

タをまとめて、上記の収束帯の走向に垂直な断面内の成分の気流の循環を求め、これを日本海上へ拡張して、海上における日本海収束帯の構造を推定するモデルをつくった(第11図参照)。このモデルは収束雲の上陸するところに大雪がもたらされることを説明出来るものである。このモデルが海上における収束帯の構造に適用されるかどうかを実証するためには日本海全体にわたる広範囲な風の分布を、しかも立体的に調べることが必要である。ところが海上の風はラジオブイや船舶などの観測によって得られるが、その広大な面積に比べて測点の密度は充分とはいえない。

このような海上の風の水平分布を得るため、気象庁では、この季節風下の雲パタンの発生しているときに合せてGMS-1による短時間連続観測を計画し、それに成功している。それは1980年2月6日と1981年1月21日の二回行なわれ、1980年のものはすでに元木・里見<sup>5)</sup>により雲の移動から風ベクトルの分布を求め、さらにそれから水平発散や渦度の分布を求めて報告されている。

一方、雲の立体構造を知るために、軌道衛星でコマ撮りした写真の重複部を用いてステレオ解析を行ったKikuchi and Kasai<sup>6)</sup>やAdachi and Kasai<sup>7)</sup>の研究がある。また最近ではFujita<sup>8)</sup>により二つの静止衛星の重複部を解析した例もある。

このGMS-1の連続観測の資料は貴重であるので、これからできるかぎりの情報を引きだすため、立体視することの可能性を調べてみた。この静止衛星は赤道面に対してほぼ直角に南北方向に一日の周期で振動しているので衛星が地球に対してみかけ上並進することになり、その視差から二枚の画像を用いてステレオ解析をすることが原理的に可能である。しかしその視差は、この連続観測の時間内で約 $0.01^\circ$ の小さい値にしかならない。この原理によるとGMS-1の場合、視差は日変化の最大幅で約 $1.5^\circ$ であり、これでは衛星直下点付近で高度の分解能として30~60 kmであり、それより高いところに1,500 m以上の大きさの物体が存在するときはじめてステレオ解析ができることが計算される。したがって、この原理による立体解析は実際上、不可能であることがわかった。

残る方法として雲の移動による視差を解析することが挙げられる。これはCameron<sup>9)</sup>によって洪水の流速を求めるために応用されたことにはじまるもので、いわゆるキャメロン法として知られている。Lee<sup>10)</sup>はレーダによるPPIの降水エコーの短時間連続写真を解析しエコーの相対速度を求めた。ここではこのGMS-1によるマルチセグメント・データをキャメロン法にて解析することを試みたので、それより得られた知見を報告する。

## II. 方 法

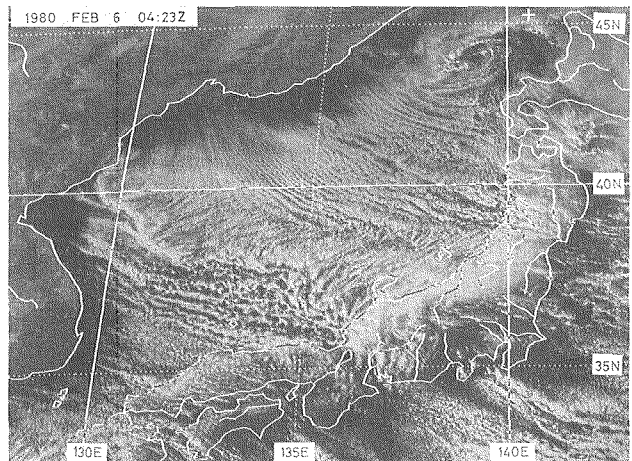
GMS-1のシステム管理の安全からわり出された最小観測時間間隔は、この対象とする領域について7分間隔で行われた。観測は1980年2月6日0423 Zから0458 Zの連続5回と1981年1月21日0422 Zから0511 Zの連続7回である。それらから連続する画像二枚をとり出し、時間的に先のを右、また後のを左にして、雲パターン全体の平均的な風の方角である収束帯又はV字型雲パタンの軸をベースラインとし、その風の向きは左から右になるようにして立体鏡でみた。すると移動する雲はすべて地形線より浮き上がっているのがみとめられ

た。しかもこの7分の間では雲はほとんど変形しないので雲の同一点の同定が容易であり、得られる立体感は移動の効果のみによるといえる。この立体図の高低はそのまま相対的に移動速度の速いところと遅いところに対応する。またこの一対の写真の左右を逆に入れ替えると、こんどは雲全体が地形線より低く見え、特に速いところは遅いところに比べてより低くみえることになる。しかしこの立体感で得られる雲の相対速度はあくまでもベースラインの速度成分のみである。幸い、元木・里見<sup>9)</sup>の解析結果をみると、ここでとりあつかったものについては風向はほぼ一様に等しくV字型の雲パタンの軸の方向に沿っているので広域にわたる全体的な比較が容易である。また雲の移動から風ベクトルを求める方法では、雲の位置の同定のしやすい小さな孤立雲をつかうことが多く、大きくて変形しやすい雲や、縁の広がった不明瞭なものはさけてしまうことになる。この立体視ではどの様な雲についても立体感があるので連続した大きな雲の速さも比較することができ、しかも即座に全体の鳥瞰図としてながめることができる利点がある。これを客観的に表現するために種々のステレオ計測を試みたが、量的に扱うことになると広く連続的な境目のあいまいな雲については風ベクトルの解析の場合と同じ難点に行き当たってしまう。しかしそれは人間の立体感覚としては判別できるので複数の人間のチェックを行いながら定性的な等高線をもって表わすことにした。

全体的にみれば雲の立体感はすべての雲についてみえるので、同一地点でも雲の高くみえるものと低くみえるものが共存してみえることが多い。そこで、この立体的にみえる雲の高さには幅があり厚さとして感じられるので、一対の写真を後左前右と前左後右の二つのとり方を平行して行った。いずれの場合にも高くみえるものの方が表面として浮き上るので判別が安定する。そこで、一方の写真の上に透明なフィルムを置き、浮き上げてみえる顕著なものを塗りつぶしていく作業により相対的に最も速い雲と最も遅い雲を別々に識別することにした。

### III. 結 果

第1図は1980年2月6日13時23分のGMS-1による可視画像である。朝鮮半島のつけ根あたりから収束帯がのびているのがみられ、北緯40°、東経130°付近から能登半島に及ぶトランスバース・モードの雲列がやや変形したV字型パターンとしてみられる。また北緯37°、東経133°あたりでは、それより北の海岸から南へ伸びる筋状雲がそれらトランスバース・モードの雲列と合流し双方の走向が交叉しているようにみえる。さらにこの雲域の南東側の縁はフック状の雲がならんでいて、村松<sup>11)</sup>によるCb・Cuライン

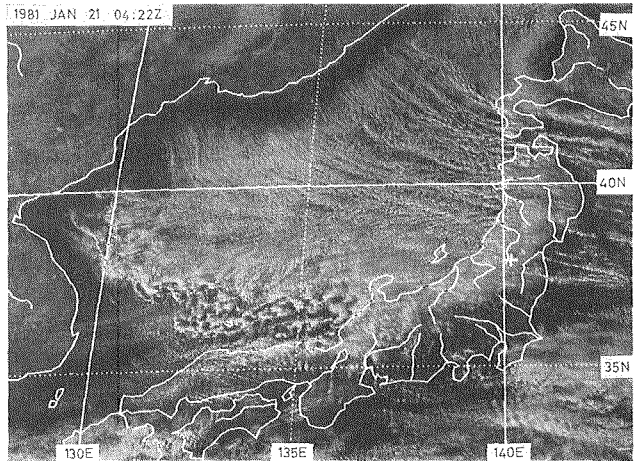


第1図 GMS-1のマルチセグメント観測による可視画像  
1980年2月6日13時23分

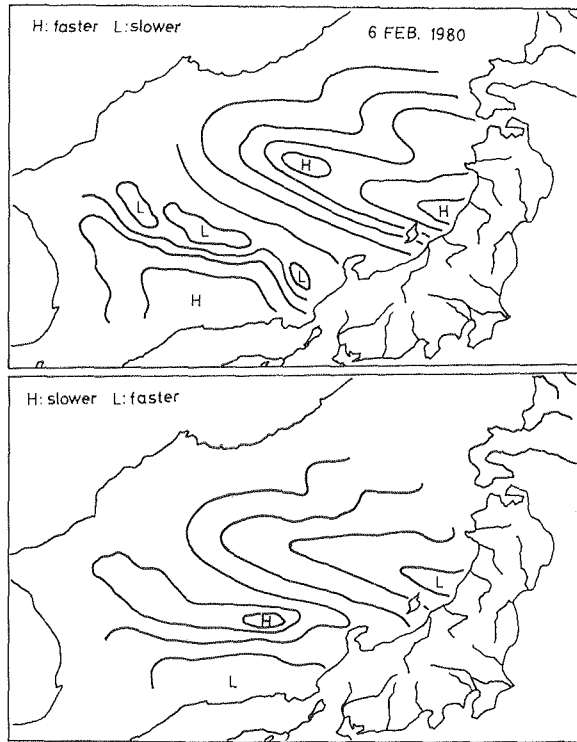
によってふちどられているのがみえる。一方、このラインより南側では中心の抜けた環状の大きな、いわゆるオープンセル状の雲が風上側では風に沿って列状に分布しているのがみられ、風下側ではモザイク状に分布しているのがみられる。また取東帯の北側ではロンジチューディナル・モードの筋状雲が整然と何本も配列しているのがみとめられる。北海道の西方海上には低気圧性の渦がみられ、これがその南側の筋状雲とよくなじんで存在しているのがみられる。この日の雲画像は高層雲におおわれることもなく、個々のセル構造が詳細にみられ、風ベクトルの解析に適した例といえる。

第2図は1981年1月21日13時22分の可視画像であり、ここでも季節風下の雲列が発達しているのがみとめられる。その取東帯にはトランスバース・モードの雲列がみられ、その南側にはモザイク状に分布する雲塊が、また北側にはロンジチューディナル・モードの筋状雲がみられる。しかしこの図の取東帯にはベール状の高層雲が薄くかかっているため個々の雲の輪郭がよくみえないところがあることが第1図とちがっている。またここでは北に小低気圧はなく北海道の西海岸の一部は内陸からの吹き出しによってむしろ晴れているのがみられる。

第3図は第1図と、それより7分後の13時30分の画像を組として、時間的に前のものを右に、後のものを左(後左前右)にして立体鏡で



第2図 GMS-1のマルチセグメント観測による可視画像  
1981年1月21日13時22分



第3図 雲の移動速度の立体視図

GMS-1 1980年2月6日 13時23分と同13時30分の可視画像による

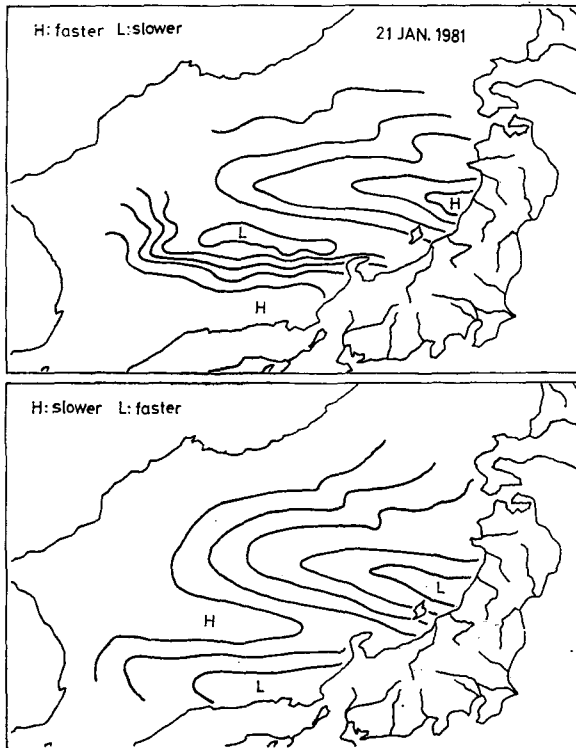
上: 後左前右により、高いところ(H)ほど速く、低いところ(L)ほど遅い

下: 前左後右により、高いところ(H)ほど遅く、低いところ(L)ほど速い

等高線は任意単位

みたのが上図である。この場合全体の流れが左から右であるため移動速度の速いものほど浮き上って隆起してみえる。図のHが盛り上りの極大をまたLは極小を示している。従って図のHとLは夫々周囲に比べて雲の移動速度のベースラインの成分が大きいところと、小さいところを示していることになり、それらの雲を運ぶ風の速いところと遅いところと夫々相当する。一方、下半分は左右を逆にした、後左前右の図である。したがってここでのHとLは上の図と逆に夫々風の遅いところと速いところに相当することになる。

これらによるとトランスバース・モードの雲域は雲の移動速度が相対的に遅いことが注目される。またそれより北のロンジチューディナル・モードの雲列と南側のモザイク状の雲塊の領域は夫々雲の移動速度が速いことがわかる。またナホトカの北の山々から秋田に及ぶ速度の遅い雲状が上の図では谷、下の図では尾根になっていることも注目される。また全体として大陸寄りの海上の風速は遅く、日本海をわたる間に徐々に速くなり、日本列島に上陸するころに最大になる傾向がある。またこの立体視では厚さも増加するように見える。それに対してトランスバース・モードの雲域では、ほとんど加速されずに日本まで遅いまま進むのがみとめられる。またこの収束帯の北側の雲は、この場合山形あたりに上陸するものが最も速くなるが、海岸を境にさらに陸上では速度が増加している。それに対し、収束帯の南側のモザイク状の雲は



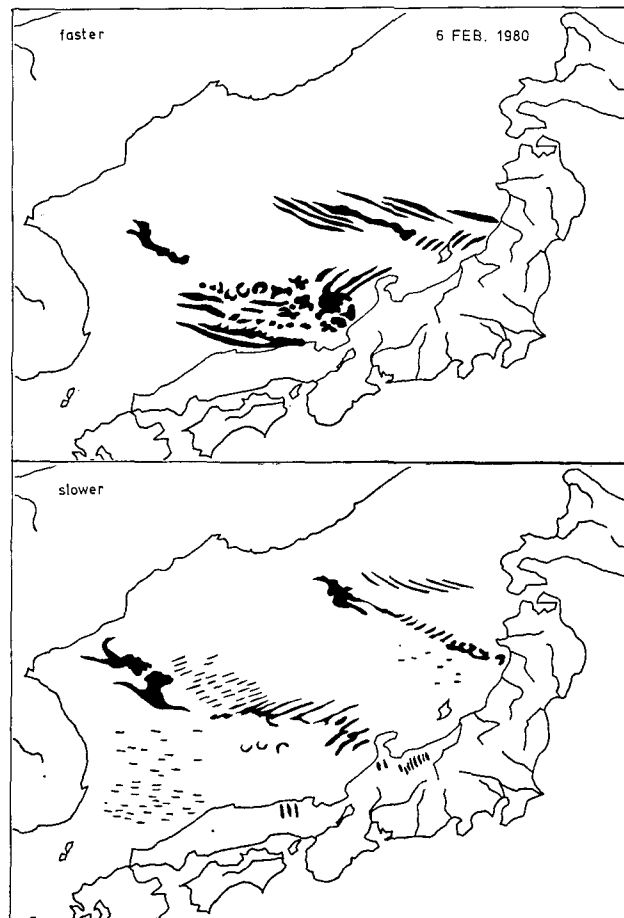
第4図 霧の移動速度の立体視図

GMS-1 1981年1月21日13時22分と同13時29分の可視画像による  
 上：後左前右により、高いところ(H)ほど速く、低いところ(L)ほど遅い  
 下：前左後右により、高いところ(H)ほど遅く、低いところ(L)ほど速い  
 等高線は任意単位

福井付近の海岸に近づくとき最も速いが、それが上陸すると遅くなるところが対称的である。

第4図は1981年のものである。個々の雲は多少異なるが全体的には第3図と同様の形状になっていることがわかる。ここでもナホトカから秋田に向かう第二の雲速度の遅いところがみとめられる。次にこの雲のちがいを調べるため夫々の図で表面に浮き上がってくる雲の形状で特長のあるものを取り出したのが、次の第5, 6図である。両図で上半分と下半分は夫々移動速度の速い雲と遅い雲の主なものを抜き出して示したものである。

第5図ではトランスパース・モードの雲は下図に示すように風上から全体的に遅い移動速度の雲であるが能登半島に近づくにつれて上図の速い雲に発達しているのがわかる。さらにナホトカから秋田に至る雲列もその途中の海上でトランスパース・モードになっているのがみとめられ、それが周囲に比べ速度が遅いことが下図に示されている。第6図も基本的には第5図と同様である。しかしこの上図では、トランスパース・モードの雲域の風上側には水平な線群で示す走向の高層の雲がみられ、その走向の延長線は風下側の北西から南東へ向かうロンジチ

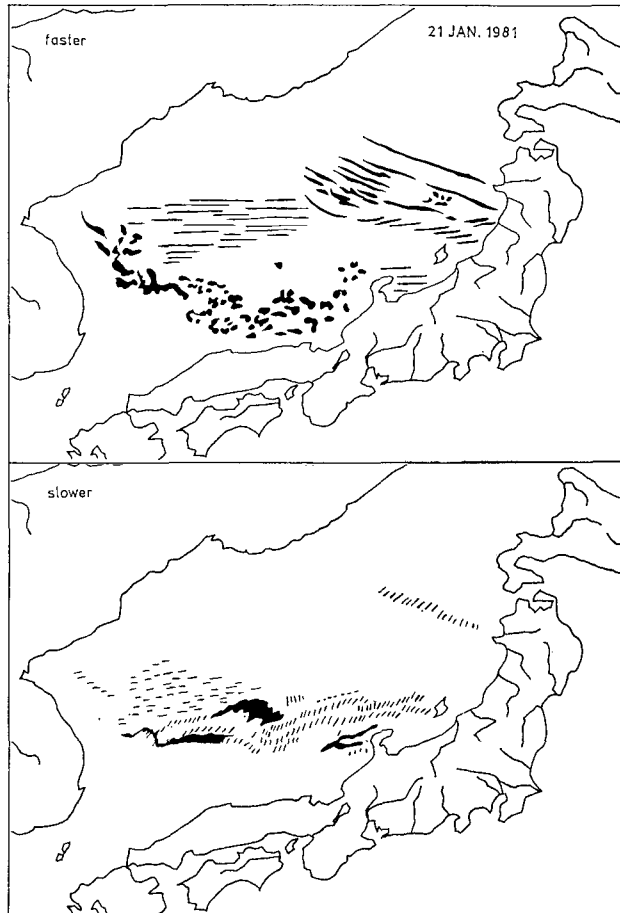


第5図 代表的な雲パターン

上: 相対的に速いもの 下: 遅いもの  
1980年2月6日13時23分と同13時30分の画像による

ューディナル・モードの雲列の走向を西から東へ方向へ偏向しているところへとつながり、それらと平行している。一方その下図では短かくとぎれた雲がみられるが元木・里見ら<sup>12)</sup>による解析にみる風向によると、その雲の動きは北から南へ向かっており、それらの雲はトランスバース・モードであるといえる。また下の図で能登半島沖から佐渡沖へかかる筋状雲ではその雲列の微細構造が、ひときわ小さなトランスバース・モードの雲列によって構成されていることが注目され、その直角方向に進行するものと推定されるが、それが筋状雲全体の走向と一致せず少し南へずれていることが注目される。これと同様なことは、ナホトカから秋田へ至る雲列においてもみられ、その雲列の南縁はロンジチューディナル・モードにのびて上の図にとりあげられていることから移動速度は速いが、これに密接して北東へのびている多数のトランスバース・モードの雲は下図に入れられていることから速度が遅いものであることがわかる。このときも先と同様に両者の進行方向がずれてみえる。

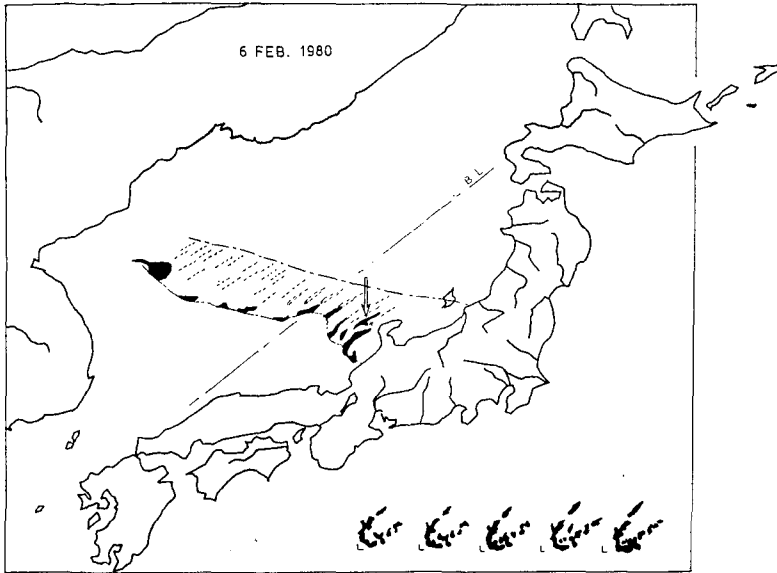
第7図は収束帯内のトランスバース・モードの雲列の軸（よこ方向）にそった方向の雲の動



第6図 代表的な雲パターン

上： 相対的に速いもの 下： 遅いもの

1981年1月21日13時22分と同13時29分の画像による

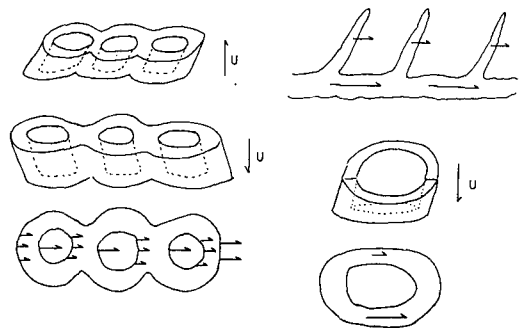


第7図 取東帯のトランスパース・モード雲の軸方向の移動成分(黒いところ)を調べる立体視図

1980年2月6日13時23分と同13時30分の画像による  
黒いところが高く見えその他は浮き上らない  
図中の矢印の雲塊の7分毎の形と位置の変化を右下に拡大して示す

きがあるかどうかを検証するため、その方向にベースラインをとり後左前右の順にならべて立体視したものである。黒く塗った部分が浮き上って見えるところで、ベースラインに沿って左から右へ移動する成分をもっていることにあたる。またその他のトランスパース・モードの雲は浮き上りを感じるもののなかったものにあたる。それらの運動方向はベースラインの成分はなく、これと垂直な成分のみであることを示す。ところが、この雲域の南縁から雲域内へのびるものがいくつか黒く示されているが、それらは日本列島に近づくほど多く顕著になってきている。そこで上陸直前の図の矢印で示したフック状の雲について7分間隔の5枚の写真から、その位置と形状の変化を拡大してとり出したのが図の右下の5コマの図である。それにはL印で各図の原点を示しているが、フックの曲り角の部分はほぼ方位90°へ移動することがわかり、一方トランスパース・モードと平行にのびている枝の雲はその軸方向へのびるのがみとめられる。

第8図には個々の雲の内部構造について、このステレオ解析でみられる運動のちがいをあげたものである。図の左側は取東帯の南側にある環状の雲が列になっているところのものである。この緯度は35°ぐらいであるので天頂から35°の高度角からみていることになり図のようにみえることに

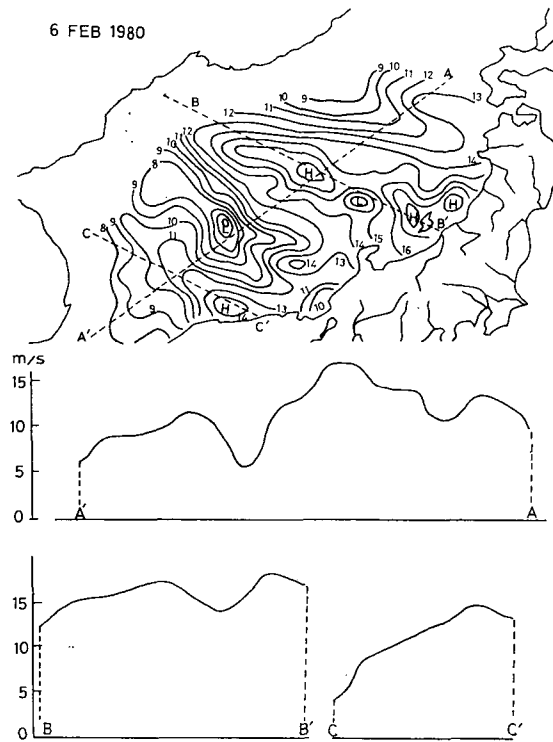


第8図 個々の雲の内部にみえる速度分布

なる。左上の図は後左前右にしたもので速い部分が隆起してみえる。また左中段の図は前左後右にしたもので、そこでは速い部分ほど沈んでみえることになるが、その結果、上では進行方向に対し前傾して、また中の図では後傾してみえている。したがってこの環状の雲の進行方向の前面側の縁は速く、逆に後面の縁は遅くなっていることにあたる。右上の図は第5図にみられるナホトカから秋田へ至る速度の遅い雲列が日本海の中央ほどでトランスバース・モードの構造に遷り変るところのもので、後左前右にしてみたものであるが、その結果ロンジチューディナル・モードの部分の雲が速く、トランスバース・モードの部分の雲が遅くなっている状態で両者がつながっていることになる。右中段の図は収束帯の南東縁の境い目に存在する、特に大きなCbの雲の渦に着目したもので、前左後右にして速い部分が沈んで、遅い部分が隆起してみえる図である。その結果、この渦の孤に沿った進行速度は南側が速く北側が遅くなっていることになり、平均速度を除くと、低気圧性の回転をしていることがわかる。

第9図は元木・里見<sup>5)</sup>による1980年の例を風のベクトル解析を行って得られた風速値の水平分布を示したもので、図の上半分に示される等値線の値は風速で単位は(m/sec)である。第3・4図で特徴のあった風速分布に従ってAA', BB', CC'に沿った断面内の分布を下半分に示す。BB', CC'では大陸側の風は遅く日本列島側へ向かって風速が増加しているのがみられる。またAA'では第3~6図で示されるトランスバース・モードの雲列に相当する二つの谷が明らかに表わされている。

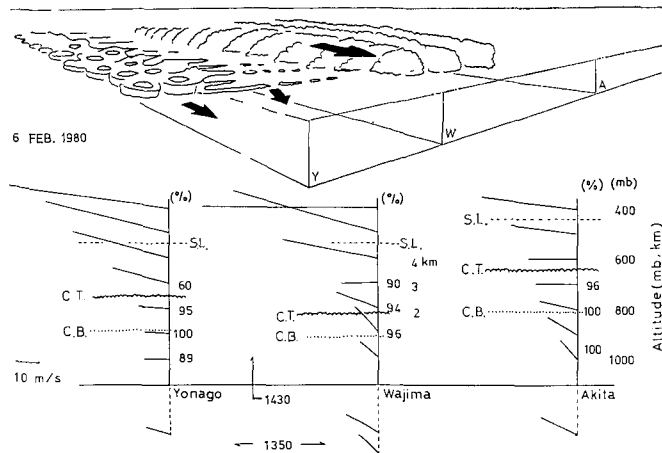
第10図はこれまで調べた特徴的な雲域を大きく三つに分けて実体図化したものである。それらは北から順に、収束帯より北のロンジチューディナル・モードの筋状雲の領域と収束帯のトランスバース・モードの雲域、さらに収束帯の南の環状雲がモザイク状に分布する雲域である。それらは幸い、北から順に秋田・輪島・米子の各高層観測点を夫々おおむね含んでいるので、この観測(1340)より約50分ほど後に行われている14時30分の高層観測の結果と比較してみた。図では湿度の記録から95%をもって雲頂高度としてC.T.と示した。元木・里見<sup>5)</sup>の風ベクトル解析でつかわれた小さい孤立雲はこれらの雲パタン全体からみれば雲底近くの高度に当たると考えられるの



第9図 風速の分布図

1980年2月6日13時23分~13時58分の元木・里見<sup>5)</sup>による風ベクトル解析より求めた上半分は水平分布、下半分はAA', BB'及びCC'に沿った風速分布で、上図の等値線の単位はm/secである

で、それより得られた風の分布は雲底の風とみなし、各観測点に上陸する 50 分前の風上の海上の風を図のプロフィルの下に示してある。これとプロフィルの風の一致する高さを雲底と考え図に C.B. で示してある。また図の S.L. は気温から求められる安定層の高度を示している。いずれの風のプロフィルも上空程風速が速くなっていることを示しているので、移動速度が速くみえる雲は高度も高いと考えられる。これらのことを総合して描いた雲域と風の構造と雲形をあらわしたものが図の上半分の図である。



第10図 高層観測資料と比較して求めた特徴的な雲域の概略図

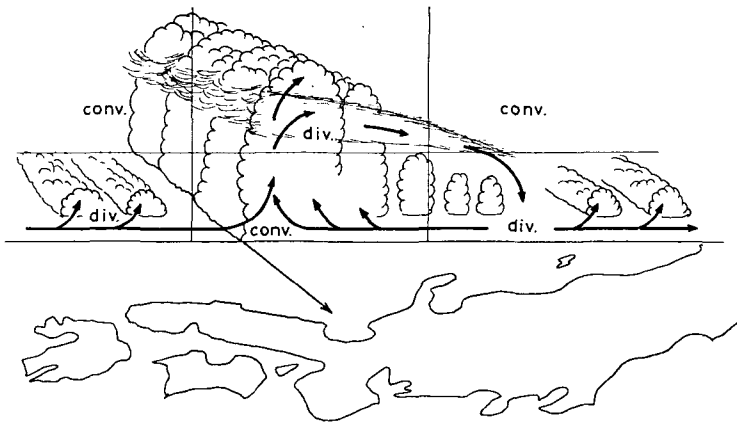
下図は秋田(A)、輪島(W)、米子(Y)の1980年2月6日14時30分の高層観測から求めた風のプロフィルと相対湿度(%)を示し、図のSL, CT, CBは夫々安定層、雲頂、雲底を示す。図の下端の風は風ベクトル解析から求めた同日13時50分の雲底付近の風向風速を示す。

#### IV. 考 察

第10図の風のプロフィルにみられるように、このときの海上の風は輪島の750 mbのところを除けば全体的に上層ほど速いことがわかる。若し海上を走る間に風のプロフィルは大きく変わることがないとすれば、第3・4図でみられる風の速いところの雲は高度が高いものにあたり、遅いものは低い雲を示すと考えられる。第10図の秋田の雲の高度は4 kmまでおよび輪島のそれより高いことがわかる。これは第3・4図の結果と一致する。また米子での雲頂の高さは3 kmぐらいで、これも輪島のそれより高くなっているので、このことも一致しているといえる。したがってこの場合収束帯のトランスパース・モードの雲の雲頂が2 kmほどで、これらの中で最も低いことになる。一方、内田<sup>13)</sup>によると輪島付近では、このとき4 kmほどにレーダエコー頂がみられたことをあげているが、これは第7図にみられるように、このトランスパース雲域の南縁にはCb, Cuラインがあって輪島に近づくにつれて、トランスパース・モードの雲域へのびだしていることがわかる。それらは雲頂が3 km以上と推定されているので、4 kmという高いところまでエコー頂が及ぶことは充分にありうるものと考えられる。しかしそれは沿岸部の一部のことで、収束帯を占める大部分のトランスパース・モードの雲の高さは、ゾンデから推定する限り2 kmほどである。これは内田<sup>13)</sup>の報告にも示されている。第3、

5図から推定されるように、トランスバース・モードの雲は発生後から風下へ進むにつれて移動速度がほぼ一定であり、増加していないので、それらの雲頂高度は初めから終わりまで2 kmのままであると考えられる。この雲列の原因の一つを大陸のペクト山 (2,744 m) を起点とする山岳による進行重力波によるものとする考えによるならば、ペクト山の風下にデルタ状に散在する山々の平均高度は約2,000 mであり、これらの雲頂高度と一致していることが、その推定高度の妥当性を支持する一つの証拠となる。

このトランスバース・モードの雲域の大陸よりの風上側のところに雲列の交叉しているところが第1図にみられるが、このステレオ解析による速度の違いは、いかなる方向にベースラインをとっても検知することが出来なかった。その限りでは双方に高度の差はなく、同じ高さでトランスバース・モードとロンジチューディナル・モードの配列が同時に共存している可能性が考えられる。若しそうであるとすれば、この領域は両方のモードの過渡域であるとみるべきである。一方、同じ位置の第2図の例では、下層のトランスバース・モードの雲はほとんど真南へ進み、それらをおおう高層の巻雲はこれと直角な方向に東進していることがマルチセグメントのループフィルムの運動方向から確認されている。これは第4図にみる夫々の雲の走向からもいえることである。



第11図 日本海収束帯のモデル

収束帯の走向に垂直な断面内の風の循環を示す (穂積・遠藤・谷口・孫野<sup>4)</sup>による)

第11図は穂積<sup>4)</sup>がゾンデ観測から求めた、収束帯の中心軸に垂直な断面内の気流の循環を示すモデルである。これによると、収束帯の南東縁の境界に向かって南北両側から下層の気流が収束し、そこで上昇して上空で北東へ流され、再び収束帯の北東縁の境界近くで収束して、そこで沈降するというものである。このモデルはゾンデによる高層データのみでなく航空機による雲の連続写真をステレオ解析した結果も参考にしてつくられたものである。それによると収束帯をおおう高層雲の高さは5~6 kmであり、さらにCb, Cuラインに沿った雲の高さは7~9 kmの塔状の雲があることもとり入れられている。ここで解析された二例はその雲の高さを考えると、穂積<sup>4)</sup>のモデルの下半分を示しているともみることができる。すなわち、ここでは上層雲まで厚く発達しなかったためにその内部構造がよくみえたものと考えることができ

る。またトランスパース・モードの雲はその雲列と直角の方向へ進むのでこの収束帯の南縁にあたる Cb, Cu ラインの方向へ収束するむきになっていて、そのラインのところで高さ 4 km 以上に及ぶ上昇流に帰与して Cb や Cu をつくっていると考えられる。その上昇は南側と北側の気流のいずれか一方がウェッジとなり、他方が持ち上げられるなどのフロントの様なものよりは、そのラインは水平のシャゾンとなって正の渦度が大きいため、それら双方の気流が合流して持ち上がっているように見える。しかしその結合部の構造の詳細は今後の観測によらねばならない。

またナホトカから秋田に向かってみられる第二のトランスパース・モードの雲列についてもその軸がこれらの南縁のロンジチューディナル・モードの雲に対し傾斜した角度でつながっている。したがってその風向はトランスパースの雲列に直角な向きであるから南東へ向いていて南縁の雲のところ収束していることになる。これも小規模ながら収束帯を形成していると考えられる。

第 8 図では個々の雲の内部での風速の差に着目したが、図の左側の環状の雲では進行前面が速く後面が遅いことになっている。その平均速度を差し引くと、それらの環の幅がふくれて成長中であることを示すと考えられる。また図の右下の Cb ラインの大きなセルは低気圧性の回転をしていることになり、元木・里見<sup>5)</sup>の解析による正の渦度のシャゾンであることと一致する回転である。

トランスパース・モードの雲は輪島に近づくとところで、その雲列の軸方向にのびていることはみとめられたが、それがこの方向への運動であるか雲の位相の伝播により成長してみえるためであるかの区別はつかない。しかしループフィルムで見ると後者のようであった。

## V. 結 論

冬期季節風下の日本海上の雲パターンを GMS-1 のマルチセグメントデータにより短時間間隔で連続する一対の画像のステレオ解析を試みた。その結果、全域にわたる雲の相対速度を一望にして調べることができた。またこのときの高層気象観測の風速は高度と共に増加するものであったため、この雲の移動速度の速い遅いは、一様な風向の範囲に限ると、雲の高さの高低を示すものとみることができると推論することができた。

1. 全体として大陸を出発して日本列島に至る間に風速が増加していく傾向がみられた。

また立体視における雲の厚さの増加もみられ、これは雲頂高度の増加に相当するものと考えられる。

2. 日本海収束帯のところにみられるトランスパース・モードの雲域は周囲に比べて風速が遅く、それらの雲の高さも低いと考えられる。またそれに比べるとその収束帯より北のロンジチューディナル・モードの筋状雲は速度も速く雲頂高度が高いと考えられ、収束帯の南側の環状の雲がモザイク状に分布する雲域では移動速度も速く、その雲頂高度は二番目に高いことが推定された。

3. ナホトカから秋田にかけて小規模ながら第二のトランスパース・モードの雲列が二例

ともにみられた。これは風上の特定の地形が関係するものと推定される。

4. 収束帯にある V 字型の雲パタン内のトランスバース・モードの雲の軸に沿った方向には雲の運動はみとめられなかった。しかし 1980 年 2 月の例では、これらの雲領域の南縁の境界に発達する Cb や Cu から収束雲内へ向かってアンビル状に雲がのびるのがみられたが、それは雲の動きではなく位相の伝播であるとみなされた。

5. 収束帯の風上側でみられる雲列の交叉について、それらの上下関係は検出されなかった。そのため同じ高度で共存して交叉していることも考えられた。しかしこれよりはるか上層のボール状の雲とは進行方向が直交していることがみとめられた。

6. 以上のことがらを総合すると収束帯をかこむ気流の立体構造は穂積ら<sup>4)</sup>のモデルと矛盾しないことがわかった。解析された二例とも高層雲が厚く発達しなかったため、その内部構造としてのトランスバース・モードの雲列がよくみえたものと考えられる。

7. この解析法で個々の雲の内部の相対的な雲の動きをみることができることがあり、それらの雲の成長や回転を推定することができた。

## 謝 辞

この解析を行うため用いたステレオ解析装置や計器は本研究所の小野延雄教授や理学部の菊地勝弘教授、中尾欣四郎教授の方々から快く貸与していただいた。また用いた衛星画像の使用については気象庁気象衛星センターの多くの方々の御協力をいただいた。これらのことに對し筆者らは心からの感謝の意を表す。

## 文 献

- 1) 岡林俊雄 1969 気象衛星写真からみた収束帯状雲と小低気圧の関係. 天気, **16**, 371-372.
- 2) 穂積邦彦・孫野長治 1979 新潟県豪雪時の日本海収束帯の消長について. 日本気象学会講演予稿集, **35**, 18.
- 3) 内田英治 1979 V 字型の雲パタンと日本海沿岸の大雪. 天気, **26**, 287-298.
- 4) 穂積邦彦・遠藤辰雄・谷口 恭・孫野長治 1980 日本海収束帯の垂直構造とその移動に伴う降雪パタンの移動. 日本気象学会講演予稿集, **38**, 43.
- 5) 元木敏博・里見 穂 1981 GMS-1 による季節風の短時間連続観測 (第一報). 気象衛星センター技術報告, 第 3 号, 15-23.
- 6) Kikuchi, K. and Kasai, T. 1968 Stereoscopic analysis of photographs taken by NIMBUS II APT system. *J. Meteor. Soc. Japan*, **46**, 66-67.
- 7) Adachi, T. and Kasai, T. 1970 Stereoscopic analysis of photographs taken by NIMBUS II APT system (II) —An improvement in the method of the stereoscopic analysis—. *J. Meteor. Soc. Japan*, **48**, 234-242.
- 8) Fujita, T. T. 1982 Principle of stereoscopic height computations and their applications to stratospheric cirrus over severe thunderstorms. *J. Meteor. Soc. Japan*, **60**, 355-368.
- 9) Cameron, H. L. 1952 The measurement of water current velocities by parallax methods. *Photogrammetric Engineering*, **18**, 99.
- 10) Lee, C. W. 1973 Analysis of mesoscale structure of snow clouds by stereoscopic treatment of radar pictures. *J. Meteor. Soc. Japan*, **51**, 273-282.
- 11) 村松照男 1979 北陸地方の里雪型大雪時における日本海西部の Cb, Cu ライン. 日本気象学会講演予稿集, **35**, 21.
- 12) 元木敏博・里見 穂 1982 GMS データから求めた雲移動ベクトルによる季節風の解析 (第二報). 日本気象学会講演予稿集, **41**, 45.

- 13) 内田英治 1982 V字型の雲パターンと日本海沿岸の大雪 (II). 天気, **29**, 43-52.

### Summary

During specially designed observations two series of successive pictures were taken at a short interval of seven minutes by GMS-1 in the winter of 1980~1981; they were analyzed stereoscopically by means of Cameron's method, which provided the difference in relative velocity of individual clouds. It was possible to estimate the height of a cloud by comparison between the velocity of the cloud obtained by the stereoscopic analyses and the velocity of wind obtained by the sounding data, since the velocity of wind aloft almost always increased with an increase in height during the observations. The results of analyses allowed to make several remarkable estimations, as described below.

It was noted in every case that a notable cloud system grew and aligned itself in an intermediate scale from the base of the Korean Peninsula to the west coast of the Japanese Islands, which is referred to as a cloud convergence zone of the Sea of Japan or a V-shaped cloud pattern.

Within the confines of this convergence zone a large number of cloud rows were observed in a transverse mode, where the velocities and the heights of clouds were seen lower than those of other areas. Numerous cloud bands were also observed to the northward area from the zone in a longitudinal mode, where the velocities and the heights of clouds were seen highest. To the southward area of the convergence zone, a large number of open-cell clouds were observed to align themselves in a longitudinal mode in the upstream part, which began meandering mosaically in the downstream part, where the velocities and the heights of clouds were moderately higher than those in the convergence zone.

It was deduced as a whole that the velocities of clouds and winds were seen to increase gradually as they progressed over to the Sea of Japan.

Another convergence zone was always detected with a smaller cloud system aligning itself from Vladivostok to Akita in all cases in the winter observed.

Upstream points of cloud rows in a transverse mode were observed to extend, without any movement, along the axes of the clouds. The results of analyses suggest that the heights of the clouds and the direction of their movement may be in good agreement with the results obtained by using the model of air circulation in the convergence zone proposed by Hozumi *et al.*