

能登半島と佐渡島を迂回し合流する雪雲の流れ——上越地方の大雪に関連して*

八木 正允**・内山 良子***

要 旨

GMS, レーダ, およびアメダスの資料を使って, 能登半島と佐渡島の地形が下流域の降雪におよぼす影響を調べた。

GMS の雲画像解析から, 能登半島と佐渡島を迂回する雪雲の流れがあること, および, 能登半島の北東側と佐渡島の南西側を迂回する流れが合流する傾向にあることがわかった。また, さらに下流域の, 山岳に「コ」の字型に囲まれた上越平野で流れが収束する傾向も見られた。これらの流れの傾向は, レーダ・エコーの移動やアメダスの地上風の分布にもみられる。また, 雲頂高度は合流域で高く, 能登半島と佐渡島のすぐ風下の海上域では低いことがわかった。このことは, 降水分布とも矛盾していない。

合流域は気候学的な多降雪地帯ともほぼ合っている。この地域が多降雪地帯になっている要因の1つとして, 北西の季節風時に, 雪雲が能登半島と佐渡島を迂回し合流する機構, および上越地方の北西に開いた「コ」の字型の地形等が考えられる。

1. はじめに

松本(1968)は, 佐渡島の地形が対流活動に及ぼす効果について, 次のような事実を指摘している。すなわち, 佐渡島の風下域では他より対流活動が弱く, これに対して佐渡島の南北両端からは, 他に比べて対流活動のより活発な部分が2本の線状に伸びている。その原因について, 松本は次のような考えを示している。積雲の活動が持続すると, 対流層内の風速は一様化されて雲底付近では風速が増す。したがって, 地上と雲底付近間の風の鉛直シャーは大きくなり, 風に直角な方向に軸をもつ強い水平うず管ができる。これが障害物にあたって曲げられ, 障害物の両端から主風向に平行なうず管が形成されると, 両端の外側で上向きの上昇流が期待される。

さて, 本論文では, もう少し地域を広げて, 能登半島と佐渡島の地形が降雪に及ぼす影響を調べる。とくに,

能登半島の北東端を迂回する雪雲の流れと佐渡島の南西端を迂回する雪雲の流れとが合流する傾向があるかどうかに着目する。

このような地形効果について, なるだけ直接的な証拠を得るために, 1980年2月6日に行われたGMSのマルチセグメント特別観測(北緯50度から30度までの範囲を7分間隔で6回繰り返し観測)の資料を中心に, レーダ, およびアメダスの資料を使って解析した。

2. 解析の結果と検討

2.1. 一般場の流れ

GMSのマルチセグメント観測の時刻(1980年2月6日04:23Z~04:51Z)に対応する850mbの流れの一般場を第1図に示す。これは当日の00Zと12Zの数値予報用の風の初期値を時間・空間的に内挿したものである。風の初期値は, 客観解析して得られた高度場から, 地衡風と準地衡風近似の発散風を求めて加え合わせたものであるから, ここでは一般場として使用できる。図中には, 参考までに, 当日の輪島の00Zと12Zの850mbの実測風も記入してある。一般場は, ほぼ北西風となっている。

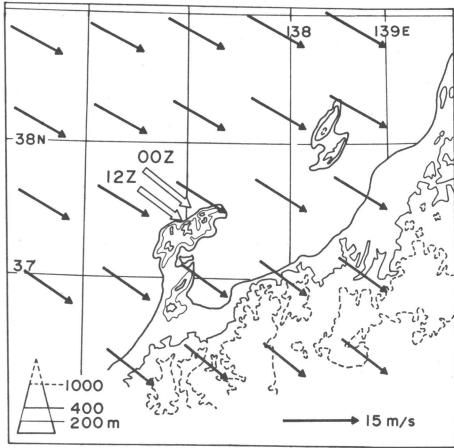
* Cloud movement and confluence around Noto Peninsula and Sado Island in relation to heavy snowfall over Johetsu area.

** Shoin Yagi, 気象研究所予報研究部.

*** Yoshiko Uchiyama, 気象研究所総務部.

——1983年2月21日受領——

——1983年4月7日受理——



第1図 850 mb の一般場の流れ (1980年2月6日 05Z) と輪島の実測風 (同日00Zと12Z) および地形図.

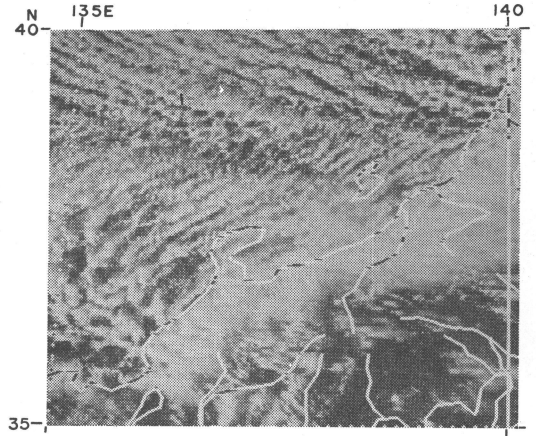
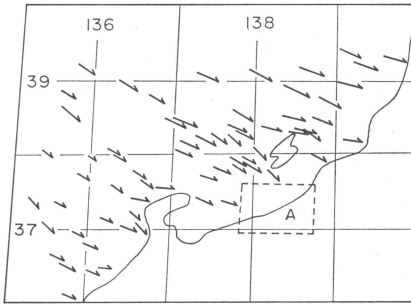
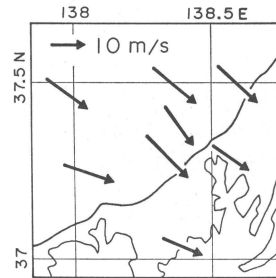


写真1 GMS の雲写真 (可視). 1980年2月6日 04:44Z.



第2図 GMS からみた雪雲の変位ベクトル. 1980年2月6日04:23Z—04:51Zまでの35分間.



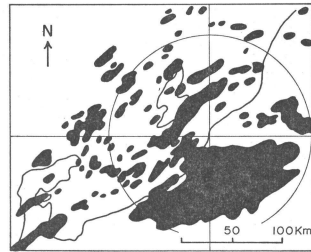
第3図 GMS からみた雪雲の速度ベクトル. 1980年2月6日04:23Zから04:44Zまでの28分間の平均速度ベクトル, 細実線は400mの高度. 図の範囲は第2図中のAの範囲と同じ.

2.2. GMS からみた雪雲の動き

1980年2月6日04:44ZのGMSの雲写真を写真1に示す. 能登半島と佐渡島のすぐ下流に雲の少ない領域がみられる.

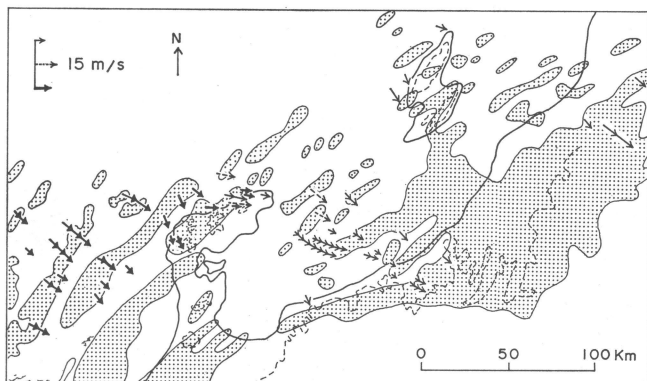
このときのGMSのマルチセグメント観測(7分間隔で6回繰り返し観測)から得られた雪雲の35分間の変位ベクトルを第2図に示す. これは, ループ・フィルムを使って求めたものである. 第2図では, 能登半島と佐渡島を迂回する雪雲の流れが見られる. また, 能登半島の北東側を迂回する雪雲の流れと佐渡島の南西側を迂回する雪雲の流れとが合流する傾向にある.

第3図は, 画像解析装置(井沢・中沢, 1980)を使って, 第2図中のA領域の雪雲の速度ベクトルを求めたものである. すなわち, GMSの観測オリジナル・データ

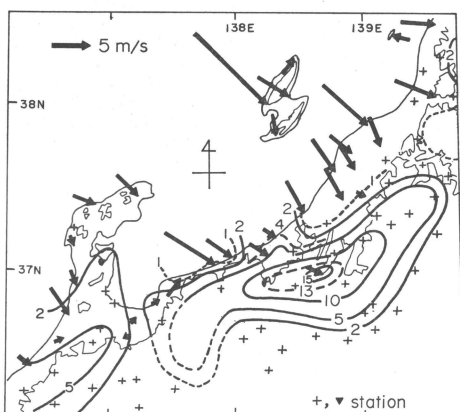


第4図 新潟レーダのエコー・スケッチ図. 1980年2月6日02Z.

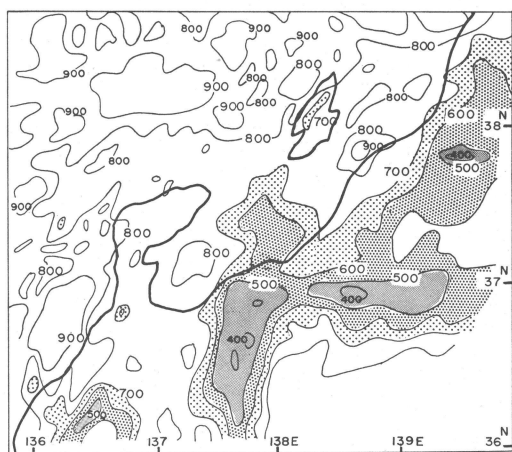
からの画素情報を直接ブラウン管上に画像表示してループ解析したものである. 日本および大陸沿岸の特徴ある地形(岬や山頂)のうちよく見えているものを使って, 位置座標の補正を行った. 第3図では, 山岳に「コ」の



第5図
新潟レーダと福井レーダのエコー合成図およびエコー・セルの変位ベクトル
1980年2月6日06Z。图中的矢印は04:03Z—06:09Zの間で観測された6分間(細実線), 13分間(細破線), 9分間(太実線)のエコーの変位ベクトル。図左上の矢印はそれぞれの時間間隔の変位ベクトルに対応する15m/secの風ベクトルの大きさを示す。破線は400mの地形等高線。



第6図 地上風と降水量の分布図。地上風は1980年2月6日02Zから08Zまでの平均風, 降水量は同じ期間の総降水量(mm/6hr), 観測点の位置は矢印の先端および+印のとこる, 細実線は400mの地形高度。



第7図 雲頂高度分布図, 1980年2月6日04:44Z, 高度の単位はmb。

字型に囲まれ北西に開いた上越平野に, 流れが収束する傾向がみられる。

2.3. レーダ・エコーの動きと地上風の分布

これまで述べてきたような地形効果による流れの傾向は, レーダ・エコーの動きや地上風の分布にも見られる。

第4図は, マルチセグメント観測開始より約2時間半前の02Zの新潟レーダのエコー・スケッチ図である。エコーの高さや動きは不明であるが, これまで述べてきたことに矛盾のないパターンをしている。第5図はマルチセグメント観測終了より約1時間後にあたる06Zの新潟と福井のレーダ・エコーの合成図である。図中には05:03Zから06:09Zまでのエコーの動きも示されている。

福井レーダによるものは10分間毎の変位ベクトルで, 新潟レーダによるものは6分毎および13分間の変位ベクトルで示されている。佐渡島の下流域一帯は強いシー・クラッターのため, フィルムによる事後解析という手段ではエコーの動きを検出できなかった。しかし, 動きのわかっている部分については, GMSの画像解析から得られた結果と一致した傾向を示していることがわかる。

第6図には, マルチセグメント観測時刻を含む02Zから08Zまでの6時間の平均地上風が示されている。地上風からみた流れの傾向もGMSやレーダの解析とはほぼ矛盾がない。

2.4. 雲頂高度と降雪分布

このときの雲頂高度分布を第7図に示す。ここでは, GMSから得られた雲頂温度を気圧高度(mb)に変換している。変換には, 当日の00Zと12Zの気圧面高度と

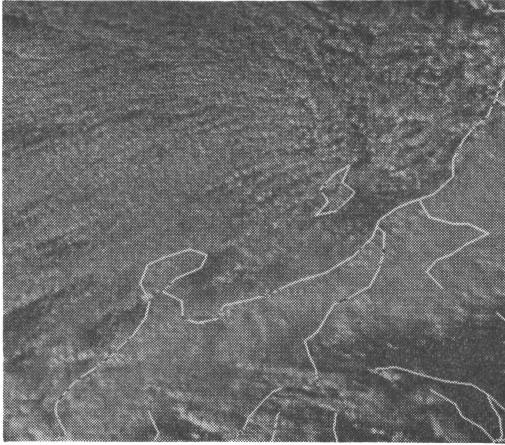


写真2 GMSの雲写真(可視). 1982年1月19日 06Z.

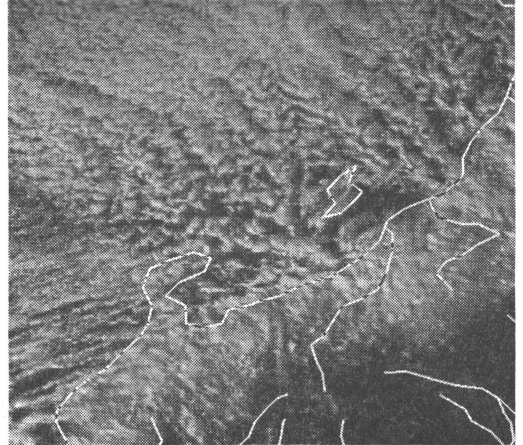


写真3 GMSの雲写真(可視). 1982年1月30日 06Z.

気温の客観解析値を時間・空間的に内挿したものを使った。雲頂高度は、合流域では高く、能登半島と佐渡島のすぐ風下の海上域および一部沿岸域で低いことがわかる。このことは、沿岸地方の降水分布とも矛盾しない(第6図)。なお合流域外でも、内陸の山岳部では雲頂高度が高くなっており、いわゆる地形性上昇流によるものと思われるが、観測点がないため、降水量との対応が必ずしも明瞭でない地域もある。

2.5. その他の例

以上、解析例として、1980年2月6日のマルチセグメントの例を示した。現在のところ、このような細かい解析に利用できる冬のデータはほとんどない。理由は、通常の観測では観測時間間隔が長すぎることによる(通常の場合は最小の観測時間間隔は30分)。

ここではその他の例として、1982年1月の雲写真の中から、写真でみて能登半島と佐渡島の地形の影響を受けていると思われる2例を示す(写真2, 3)。

3. 結論

ここで得られた結論は次の通りである。

- 1) GMSの雲画像解析から、能登半島と佐渡島を迂回する雪雲の流れがあること、および、能登半島の北東側を迂回する流れと佐渡島の南西側を迂回する流れが合流する傾向にあることがわかった。またさらに下流域の、山岳に「コ」の字型に囲まれた上越平野で流れが収束する傾向も見られた。これらの流れの傾向は、

レーダ・エコーの動きや地上風の分布にもみられる。

- 2) 雲頂高度は合流域では高く、能登半島と佐渡島のすぐ風下の海上域では低い。このことは降水分布とも矛盾しない。
- 3) 合流域は気候学的な多降雪地帯ともほぼ一致している。この地域が多降雪地帯になっている要因の1つとして、北西の季節風時に、雪雲が能登半島と佐渡島を迂回し合流する機構、および上越地方の北西に開いた「コ」の字型の地形等が考えられる。
- 4) 1)~3)のことについて、統計的、理論的に調べる価値があるものと考えられる。

謝辞

GMSの資料に関して、気象衛星センター解析課の山田隆之調査官(現 大阪管区气象台)と元木敏博技術専門官にお世話になりました。気象研究所台風研究部の中沢哲夫研究官(現 ハワイ大学)には、画像解析装置の使用にあたりお世話になりました。これらの方々に感謝いたします。

文献

- 井沢龍夫・中沢哲夫, 1980: 衛星資料解析装置(ASDAS)を用いた画像処理, 日本気象学会1980年度秋季大会講演予稿集, 242.
- Matsumoto, S., 1967: Orographic edge effect on the downstream cumulus activity, J. Met. Soc. Japan, 45, 500-503.