

写真1 1988年1月23日 0159JST のレーダーエコーの高度 2.5 km の CAPPI (定高度表示).

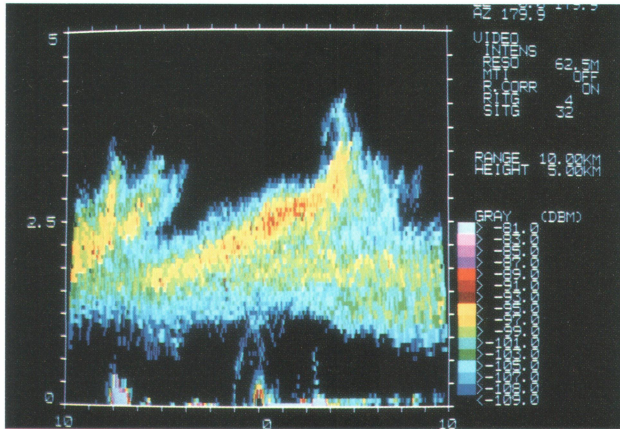


写真2 1988年1月23日 0215JST のレーダーエコーの鉛直断面表示、断面の方位角は179.9度で、画像の横軸は水平距離で中央のレーダーから左が南側 10 km, 右が北側 10 km, 縦軸は高度で 0~5 km を表示してある。

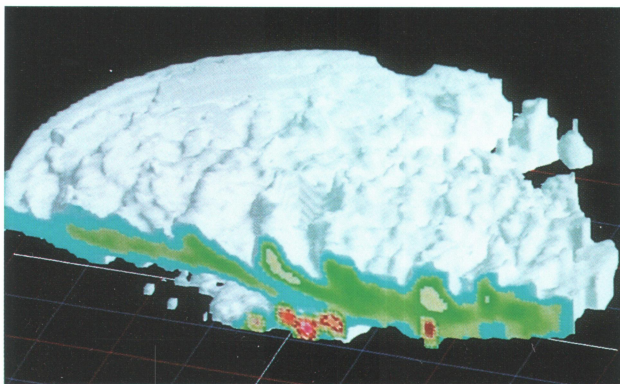


写真3 写真1と同時刻のレーダーエコーの立体表示、表面は最小受信感度の面である、鉛直断面はほぼ南北を向いており、断面方向の白線の右から左が南から北に対応する。

温帯低気圧に伴う波状の降水エコー*

坪木 和久**

温帯低気圧に伴う降水系には様々なものが知られている。その中にはいくつかのタイプの波状に組織化されたバンド状の降水系があることがこれまでに報告されている。ここに示した降水エコーは、顕著な波状の構造を持つ組織化された降水系で、温帯低気圧に伴うものとしては形態的に興味深いものと思われるのでここに紹介する。

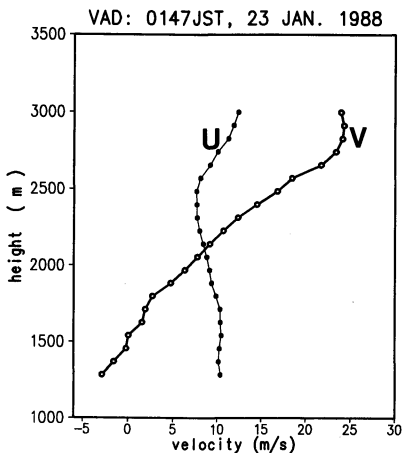
波状の降水エコーは1988年1月23日に、札幌市にある北海道大学低温科学研究所の屋上に設置されたドップラーレーダーで観測された。波状の降水エコーは0143JSTから0153JSTの10分間に急速に発達し、その後1時間以上にわたって観測された。写真1は0159JSTの高度2.5 kmのCAPPI(定高度表示)である。波状に組織化された6~7本のバンド状のエコーが、画像の左半分にみられる。波状エコーはほぼ東西に走向を持ち、ほぼ南北に約10 kmの波長で等間隔にならんでいる。複数枚のCAPPIから波状エコーの位相速度を見積もると、25~28 ms⁻¹であった。それぞれのバンドは小さくないつかの対流セルの列から構成されている。また、各バンドのエコー頂は画像の右半分の層状領域より500~1000 m程度高く、対流が活発化してできたものであることがわかる。高い解像度で、波状エコーの一つのバンドの鉛直断面(写真2)をみると高度2.8 kmより上に、鉛直に立った対流セルがある。その中には氷晶が

生成されるので、この対流セルは生成セルと呼ばれる。生成された氷晶はその下の層状雲の中を落下しながら雪粒子へと成長し、ストリーマーと呼ばれる筋状のエコーを形成している。降水粒子は高度1 km付近で蒸発しており、ストリーマーは地上には達していない。第1図に、ドップラー速度からVAD法で求めた風速の鉛直プロファイルを示す。東西成分は10 ms⁻¹前後で鉛直にほぼ一定であるが、南北成分は高度2.8 km以下で鉛直シアーが大きい。ストリーマーの形はほぼこの鉛直シアーの形をしている。高度1.2 kmと3 kmの間のシアーベクトルはほぼ北向きで、波状のエコーはこのシアーベクトルにほぼ直交するものであった。写真3は同じ時刻のレーダーエコーの3次元データを立体的に表示したものである。切り出した鉛直断面はほぼ南北方向である。これにより層状のエコーの上面が波立つように発達した波状エコーの形態が明らかである。

この波状エコーが観測されたとき、観測点付近は沿海州にある低気圧の暖域に入っていた。23日の午前中に寒冷前線が観測点を通過しているが、注目すべき点はその前の高度3 kmから7 kmに温位傾度の大きな領域がある点で、これは温帯低気圧の閉塞期にみられることのある上空の先駆寒冷前線と考えられる。波状エコーはこの前線と寒冷前線の間で発生した。22日21JSTの札幌管区気象台のゾンデのデータでは、高度3.5 kmから4.7 kmの間が対流不安定な成層になっている。これは先駆寒冷前線に伴い上空に寒気が入ったために形成されたと考えられる。この対流不安定層の高度は画像にみられる生成セルの高度とほぼ対応しており、この不安定層が持ち上げられて生成セルが形成されたと考えられる。

それではこの不安定層を波状に持ち上げ降水系を組織化したメカニズムは何であろうか。生成セルの下、高度2.8 km以下では第1図からわかるように、南北成分の鉛直シアーが大きい。リチャードソン数は高度2.6 km付近で0.25より小さく、ケルビン・ヘルムホルツ(KH)不安定が起きる可能性が考えられる。しかしながら、雲がKH不安定を可視化する場合とは異なり、レーダーの捉えているのは落下する固体降水粒子である。粒子形成には時間がかかりしかも潜熱の解放を伴うので話は単純ではない。実際、写真2,3の鉛直断面には、KH不安定特有のcats eyeパターンはみられない。この波状エコーの形成機構の一つの仮説としては、KH不安定が対流不安定層を波状に持ち上げて対流を励起し、その後、対流不安定により波状に並んだ生成セルが発達したとするものが考えられる。これについては今後数値実験などによって検証される必要があるであろう。

謝辞:写真3は北大低温研の佐藤晋介氏(現在通信総合研究所)に作成していただきました。記してお礼申し上げます。



第1図 1988年1月23日 0147JSTのドップラー速度データからVAD法で計算された水平風速の東西成分(U:細線)と南北成分(V:太線)の鉛直プロファイル。

* Wave-like Bands Associated with Extratropical Cyclone.

** Kazuhisa Tsuboki, 東京大学海洋研究所.

© 1995 日本気象学会