

気象じょう乱と富士山レーダーによる降水エコー*

村 木 彦 磨**

目 次

1. まえがき
2. 富士山レーダーと東京レーダー（気象庁標準型レーダー）の主要性能
3. 富士山レーダーおよび東京レーダーによる地形エコーと等ビーム高度線
4. 富士山レーダーおよび東京レーダーによる平均エコー量分布
5. 降水エコーと総観気象状況
 - 5.1 寒冷前線に伴うエコー
 - 5.1.1 日本海沿岸の寒冷前線に伴うエコー
 - 5.1.2 本州を南下する寒冷前線に伴うエコーの関東南部での中規模状況
 - 5.1.3 急速な寒気の南下に伴って出現した線状エコー
 - 5.1.4 本州東海上の低気圧からのびる寒冷前線に伴う線状エコー
 - 5.1.5 本州南海上の寒冷前線に伴う南縁の明瞭な線状エコー
 - 5.1.6 寒冷前線に伴うエコーの台風による変形
 - 5.1.7 熱帯低気圧が温帯低気圧化する過程で急速に形成され発達した帯状エコー
 - 5.2 温暖前線に伴うエコー
前縁の明瞭な面エコー
 - 5.3 停滞前線に伴うエコー
 - 5.3.1 豪雨をもたらした梅雨前線に伴うエコー
 - 5.3.2 本州南海上の梅雨前線に伴う帯状エコー
 - 5.4 閉塞前線に伴うエコー
 - 5.5 台風のエコー
 - 5.5.1 明瞭な眼をもった台風のエコー
 - 5.5.2 台風の進路変化に伴うエコーパターンの変化
 - 5.5.3 強い豪雨を伴った台風の外側降雨帯とスパイラルバンドの発達
 - 5.5.4 台風周辺域でのしゅう雨のエコー
 - 5.6 寒冷渦内のエコー
 - 5.6.1 房総沖に発生した渦状エコー
 - 5.6.2 対流性エコーの集団
 - 5.6.3 日本海側のしゅう雨のエコーと関東地方の寒気の南下に伴う雷雨のエコー
 - 5.7 北東気流型の悪天時における層状エコーと関東地方の平野部に発生した波状のエコー
 - 5.7 冬季季節風時の日本海側の雪エコーと太平洋上の対流性エコー
 - 5.9 太平洋高気圧縁辺の組織化された雷雨のエコー

1. まえがき

レーダーエコーの特徴や、エコーが発生・発達してい

* Aspects of the Precipitation Echoes observed by Mt. Fuji Weather Radar

** H. Muraki, 東京管区気象台（現在金沢地方気象台）

る時の総観気象状況を解説するのに用いている従来のエコーの写真の多くは、使用したレーダーの探知範囲が限られているため、シノプティックスケールの現象についてはその一部しか捉えていない。そのためシノプティックスケールの天気図とエコーの関連を述べるには、それ

らの写真だけでは十分でない。

隣接するレーダーによるエコーの写真またはスケッチを合成して、エコーの全ぼうを捉えることはある程度可能であるが、合成図の作成が容易でなく、またシノプティックスケールの現象に対して各レーダーの探知範囲が狭い（平地レーダーでは中心から 150km 付近で降水の相対的な探知率は中心付近の 1/2 程度となる）ため、均一なエコーパターンを得ることができない。それに対して富士山レーダーでは、探知率を考慮しても、半径 400 km 以内の現象を同時にスコープ面で探知できるため、シノプティックスケールの現象に伴うエコーの全ぼう（前線のようにある方向に気象要素の傾度が比較的小さく探知範囲を越える大きなスケールの現象は、それに直角方向のより小さなスケールで現象を捉えることができる）をしばしば捉えることができる。

したがってレーダーエコーと総観場との関連を記述したり、総観因子との関連を調査するためには、既存のレーダーでは富士山レーダーが最も適している。そこで本文では富士山レーダーによって観測された降水エコーの写真を用いて（東京レーダーによるエコーがより有効な場合は東京レーダーのエコーの写真も用いている）、エコーと総観気象状況（東京レーダーによるエコーの写真を用いた部分については中規模気象状況）について述べる。エコーの写真には、富士山レーダーが運用開始（1964年11月）されて以来1974年8月までの、およそ10年間に観測された降水によるエコーの写真の中から代表的なものを選んである。

レーダー解析の思考の筋道には種々あるが、二宮（1974）は研究の発想においては、

(A) レーダーエコーの状況を記述して、それからじょう乱にさかのぼって言及する発想

(B) すでにじょう乱の概念なり認識があって、それに対応するエコー状況を探ぐる発想

の二つの型、座標のとり方においては、

(a) PPI の中心に立って、現象を記述する立場

(b) 対象とするじょう乱系の中心に立って現象を記述する立場

の二つの立場、さらに記述の抽象化においては、

(I) あらわれるかぎりの現象の状況・経過を細大もろさず記述することを目標とするもの、

(II) その研究の目的または現象の本質と思われるものに焦点をあてようとするもの、

の二つの考え方があって、それらの組合せで8通りの

型にまとめられるとしている。

このような型でレーダーエコーに関する調査・研究は非常に数多くなされているが、本文の発想と立場は(B)、(a)に相当する。また四季にわたってできるだけ多くのじょう乱に伴うエコーの例を集めてみたので、記述は表面的なものとなってしまったし、じょう乱ごとにあげたエコーの例数も不均一となっている。エコーの写真の解説には多くの方々の調査を引用させていただいているが、今後はこれらの例も含めて、入手しうるすべての高層観測データから、レーダーエコーの三次元分布の物理的な解釈がどれだけ可能かを調べ、それにより高層観測時間間隔内に变化する大気構造を、レーダーエコーの現況から推定する知識を得ることができるならば、レーダーエコーの情報価値はさらに高まると期待される。そのためにも富士山レーダーの平地レーダーにない特色は、調査・研究や予報現業面に積極的に生かされるべきであると思われる。なお本文での“前線”とは、例えば気象庁発行の印刷天気図の地上天気図に描かれている諸前線を意味し、“伴う”という用語は、その前線に対応する降水エコーが前線に沿って出現しているという意味ではなく、地上天気図に見られる前線がレーダーの探知範囲内に入っていると推定される時間に、レーダースコープ内に降水エコーが出現しているという意味である。時間は JST（日本標準時）である。

2. 富士山レーダーと東京レーダー（気象庁標準型レーダー）の主要性能

本州の南海上より本州に接近する台風を早期に探知し、一刻も早く防災体制をとることを最大の目的として、1964年11月富士山頂に気象レーダー（富士山レーダ

第1表 富士山レーダーと東京レーダーの主要性能

	富士山 レーダー	東京レーダー (気象庁標準 型レーダー)
波 長 (cm)	10.42	5.66
送信尖頭出力 (KW)	1500	250
パルス幅 (μ S)	4	2
アンテナ直径 (m)	5	3
ビーム幅 { 鉛 直 ($^{\circ}$) { 水 平	1.50	1.50
	1.55	1.30
アンテナ仰角範囲 ($^{\circ}$)	-2~+12	0~90
アンテナ回転速度 (rpm)	5	6
PPI 最大レンジ (km)	800	400
最小受信感度 (dBm)	-110	-110

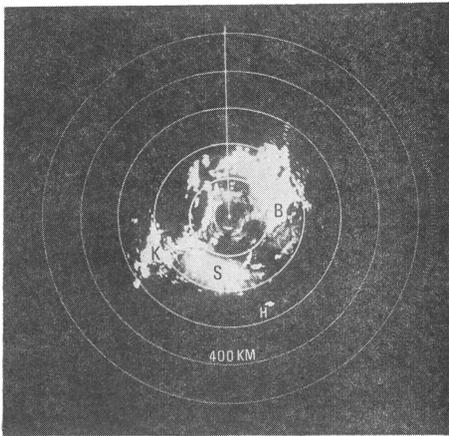
ー)が設置された。この富士山レーダーは気象庁標準型レーダーである新東京レーダー(1971年設置)に対して、高出力、高感度で探知能力が大きく、設置高度が高いため探知範囲も大きく、およそ100km離れた東京から遠隔操作による観測ができるという諸特長をもっている。第1表には富士山レーダーと東京レーダーについて主要性能を示す。

3. 富士山レーダーおよび東京レーダーによる地形エコーと等ビーム高度線

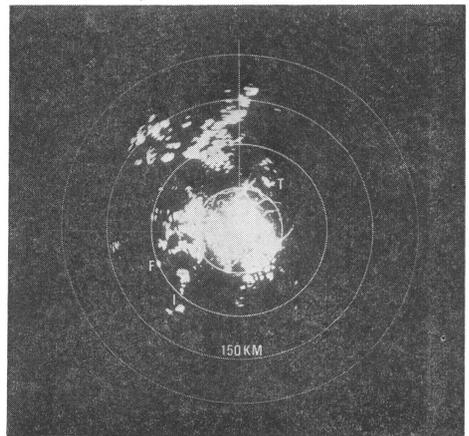
電波が異常伝搬する大気状態でない時には、一定のアンテナ高度角では一定の地形(グランド)エコーが現われる。地形エコーは降水エコーの観測には障害となる

が、一方では山や島、海岸線などは地図の役割を果たすのでエコーのおおよその位置を知ることができて便利なこともある。第1図(a),(b)および第2図(a),(b)には富士山レーダーと東京レーダーによる地形エコーを示す。富士山レーダーでは通常の写真観測にはアンテナ高度角を -1.7° 前後とし、シークラッターを消すために高度角を上げて観測する場合には -0.7° とするので、それぞれの場合の地形エコーを示す。東京レーダーでは近距離のエコーに注目して連続写真観測を行う場合には、水平よりアンテナ高度角を上げるので、高度角を 0.0° と 1.5° の場合を示す。

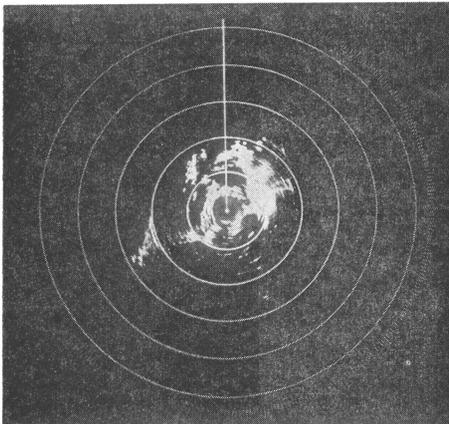
次に第3図(a),(b)に富士山レーダーの等ビーム



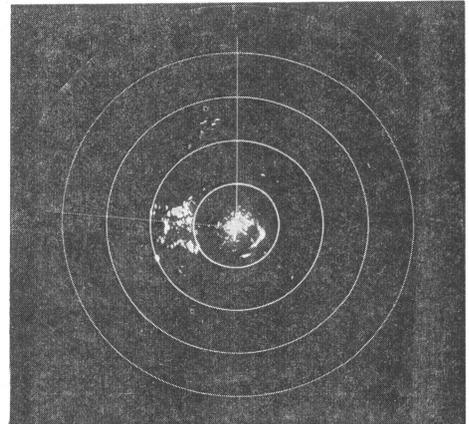
第1図(a) 富士山レーダーによるアンテナ仰角 -1.7° のときのグランドエコー
Bは房総半島, Kは紀伊半島, Hは八丈島, Sはシークラッター, レンジマーク100kmごと。



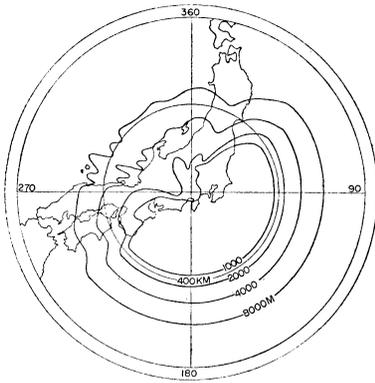
第2図(a) 東京レーダーによるアンテナ仰角 0.0° のときのグランドエコー
Tは筑波山, Fは富士山, Iは伊豆半島の一部, レンジマーク50kmごと。



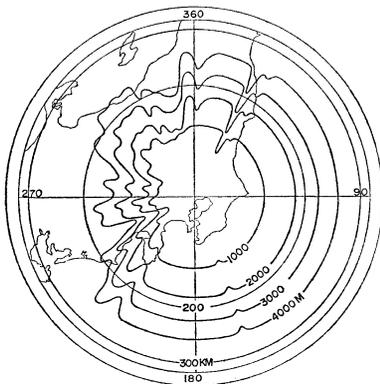
第1図(b) 富士山レーダーによるアンテナ仰角 -0.7° のときのグランドエコー



第2図(b) 東京レーダーによるアンテナ仰角 1.5° のときのグランドエコー



第3図(a) 富士山レーダーの等ビーム高度線

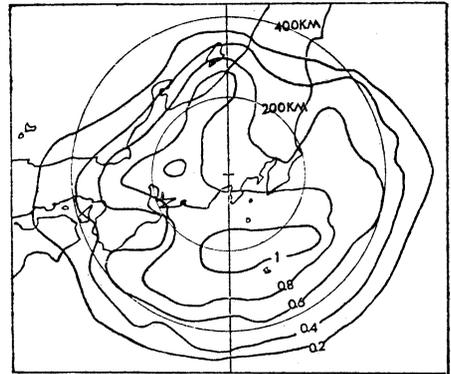


第3図(b) 東京レーダーの等ビーム高度線

高度線と東京レーダーの等ビーム高度線を示す。なお東京レーダーでは1972年10月頃から近くに建設された高層ビルによる死角が生じ、1973年4月頃からは方位角 176° — 191° (15° の巾)、高度角約 3.3° までは死角となっている。方位角 11° — 26° の方向に強いエコーがあるとこのビルの壁が鏡的作用をして、この死角内にエコーが出現する(里見, 1973)が、このエコーは鏡面反射エコーであるので、東京レーダーの写真を使用する場合には注意しなければならない。その後 132° — 138° の間で高度角 3.0° までおよび 214° — 215° も死角となっている。

4. 富士山レーダーおよび東京レーダーによる平均エコー量分布

1964年11月から1965年10月までの1年間の富士山レーダーによる09時のスケッチ観測から、福島(1966)は月平均エコー量分布図および年平均エコー量分布図(第4図(a))を得、年平均エコー量分布について次のように述べている。



第4図(a) 富士山レーダーによる1年間の平均エコー量分布図(福島, 1966)

数値は等分された小区域内を占めるエコーの10分量である。距離補正はしていない。

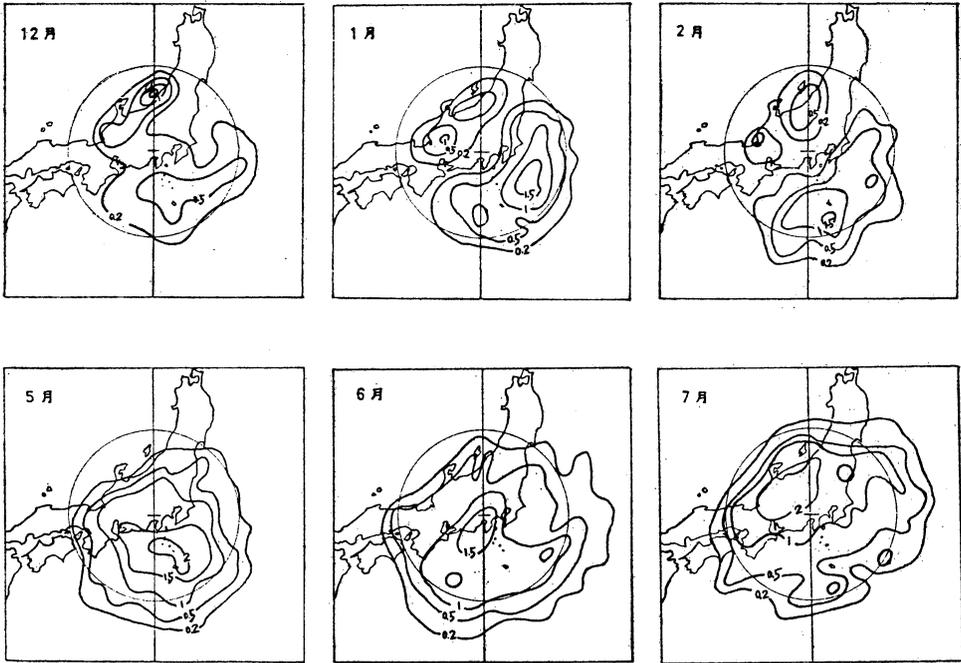
1) 地形によってレーダービームの通りうる最低高度が異なるため、出現率が当然変わってくる。

2) 富士山付近および関東平野には(大量の)グランドエコーが現われ、また富士山から南約200kmくらいまでは海面反射が現われ、これらのエコー強度はかなり強いものであり、その付近に現われる雨のエコーを識別しにくくしている。

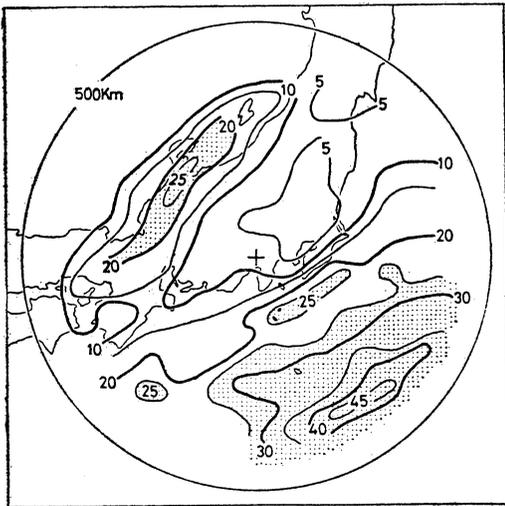
3) 11~3月にかけては北陸地方に雪のエコーが、また南海上に線状エコーが多く観測されたため、この地域の平均エコー量が大きくなっている。

また特徴ある月平均エコー量分布図(第4図(b))は冬季および梅雨期にみられ、冬季には前述したように北陸地方の雪エコーと南海上に線状エコーが多く観測されたため、エコー量の極大が北陸地方と南海上の二つの地域にあるような分布図となる。5~7月の梅雨期では極大の位置は、5月には伊豆諸島付近にあるが、7月には北陸地方まで北上し、それぞれの月の梅雨前線の平均位置を示すような分布図になっている。冬季にみられるエコー量分布の特徴は年平均分布図にも現われており、大型線状エコー(便宜上長さが平均巾の4倍以上あるものを線状と定義し、平均巾が50km以上あるものを大型線状エコー、それより巾の狭いものを小型線状エコーとしている)の存在域分布(第5図)(牧野・櫃間, 1973)でみた場合にも、その出現回数のかな領域として明瞭に認められる。

このような分布を示す理由として、これら二地域が線状エコーの多発域であるということの他に、日本海から



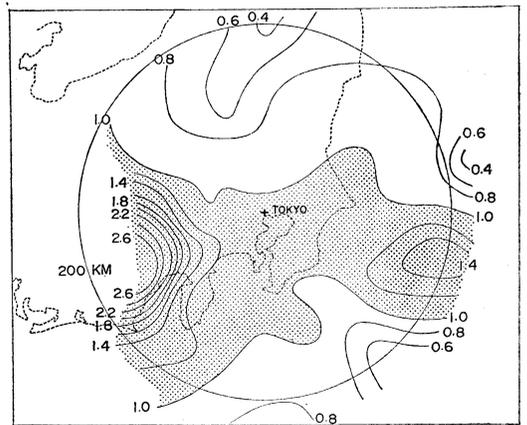
第4図(b) 特徴ある月平均エコー量分布図(福島, 1966)
 円は半径 400km の距離を示す. 数値, 距離補正に関しては第4図(a)の説明と同じ.



第5図 大型線状エコーの存在域分布(牧野・櫃間, 1973)

数字は1965~68年の4年間の9, 15, 21時のスケッチ図による全出現回数. 距離補正はしていない.

南下する線状エコーについてみれば, 陸上では一時形がくずれ散乱するが, 太平洋上に出て再び線状となる傾向



第6図 東京レーダーによる年平均エコー量分布図(1972年)(村木)

数値は等ビーム高度線上の個々のエコー量と, その等ビーム高度線に沿うエコー量の平均値との比を表わす. 陰影部はこの値が1.0以上の領域である.

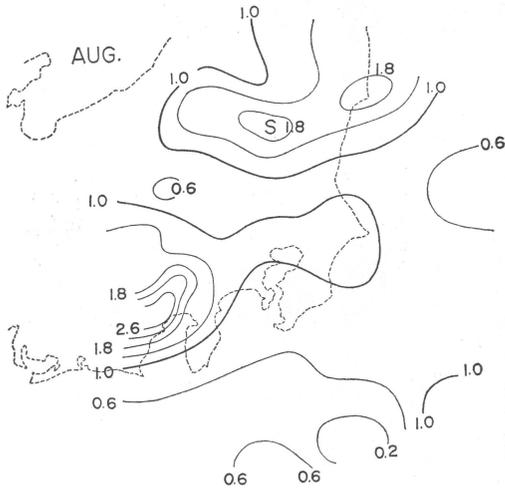
のあることも考えられる.

次に東京レーダーによる1972年の1年間の, 09時と15時のエコーのスケッチを使用した年平均エコー量分布図(第6図)によると, エコー量の多い地域が房総半島の

東海上から関東南部をへて西部山岳，東海地方へとほぼ東西にのびており，特に房総半島の東海上および西部の山岳地帯でエコー量が多くなっていることがわかる。西部の山岳地帯でエコー量の多い傾向は，西尾（1963）の示した名古屋レーダーによる平均エコー量分布図からも認められる。このエコー量の多い地域は，30年間平均の年降水量分布図（気象庁，1971）で雨量の多い地域とおおよそ合っている。しかし日本海側の多雨は現われていない。

これはその地域の降水が主として冬季の雪であり，東京レーダーの等ビーム高度線から考えてそのエコーを探知しにくいと考えられる。なお房総沖は経験的にもエコーの多発地域である。各月の平均エコー量分布図のうち8月の平均エコー量分布図（第7図）では，関東北部にエコー量の多い地域がみられ，極大の一つが宇都宮の北（S）にある。

この地域は雷雨10年報（気象庁，1968）による8月の雷雨日数分布図から，雷雨の非常に多い地域であることがわかる。



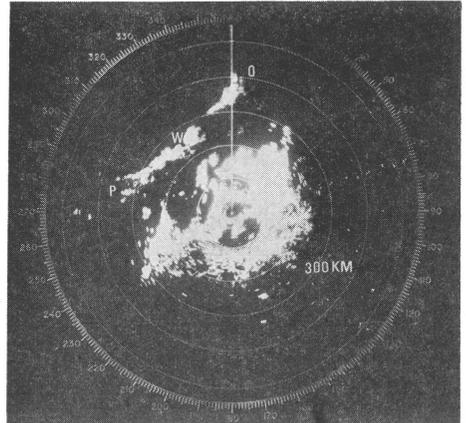
第7図 1972年8月の平均エコー量分布図（村木）
数値については第6図の説明を参照。

5. 降水エコーと総観気象状況

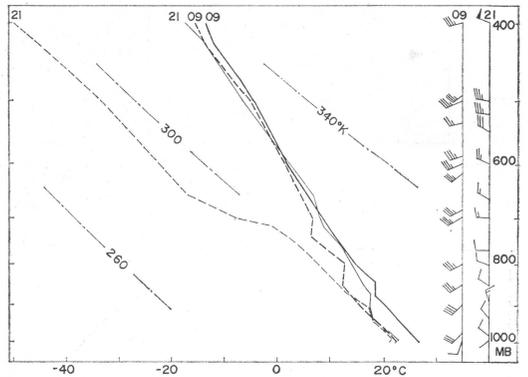
5.1 寒冷前線に伴うエコー

5.1.1 日本海沿岸の寒冷前線に伴うエコー

日本海北部を東進する低気圧から南西にのびる寒冷前線が日本海沿岸に接近しつつあった時，極めて明瞭な線状エコー（PQ）（第8図）が観測された。1974年8月7日12時00分にはこのエコーは広範囲に強度M（並），高



第8図 1974年8月7日12時25分，PPI，レンジマーク100kmごと，アンテナ仰角 -1.3°

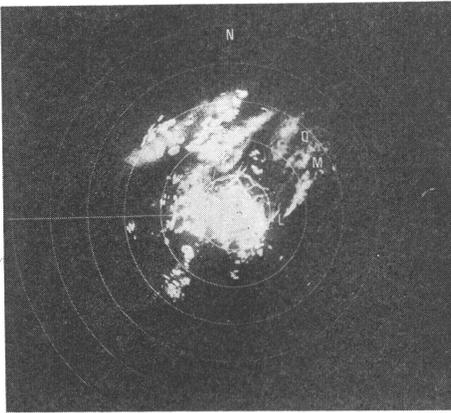


第9図 1974年8月7日09，21時の輪島における状態曲線と上層風
太い実線と破線は09時，細い実線と破線は21時の値を示す。鎖線は乾燥断熱線である。

度6~7kmで，エコーが海上から陸地に入ると形はくずれ次第に散乱し，東北地方から中国地方にかけての内陸部では強度S（強い），高度10~12kmに達する強いエコーに発達，または強いエコーが発生した。この時間には地上天気図で寒冷前線はすでに輪島（第8図のW）を通過している。輪島を寒冷前線が通過する前後の09時と21時の輪島の高層観測（第9図）によると，1,000mb.面で相当温位は351.9°Kから343.5°Kに低下し，風は全体に南西から西~北西に明瞭に変化し，21時には900mbから（特に720mbから）上層では非常に乾燥していることがわかる。

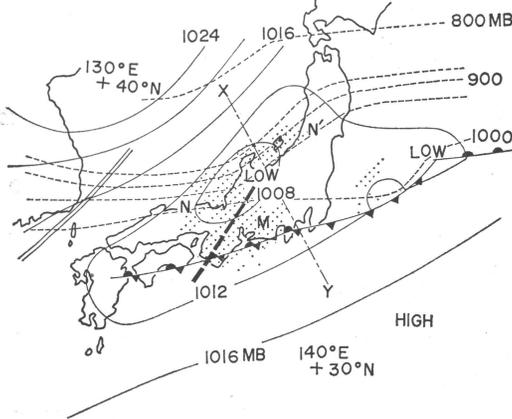
5.1.2 本州を南下する寒冷前線に伴うエコーの関東南部での中規模状況

に存在する。この雨域の前縁（第12図のRS）は850mbの天気図（第13図）から等温線の集中域の前縁付近とみられる。地上の気温もこの雨域の到達後再び下降（ゆっくり）している。エコー群P（第12図参照）は鹿島灘から銚子沖の海上にかけて移動すると急速に発達し、およそ1時間後には第14図のQに示すようになった。その前縁のエコー LM はその後明瞭な強い線状エコーに発達している。なお伊豆半島付近には比較的強い対流性エコー



第14図 1974年2月23日09時54分, PPI (東京レーダー), レンジマーク 50km ごと, アンテナ仰角 0.0°.

Q は第12図のエコー群 P に対応するエコー群, LM はこれらエコー群の前縁の線状エコー.



第15図(a) 1969年2月14日09時の地上天気図(村木, 1973)

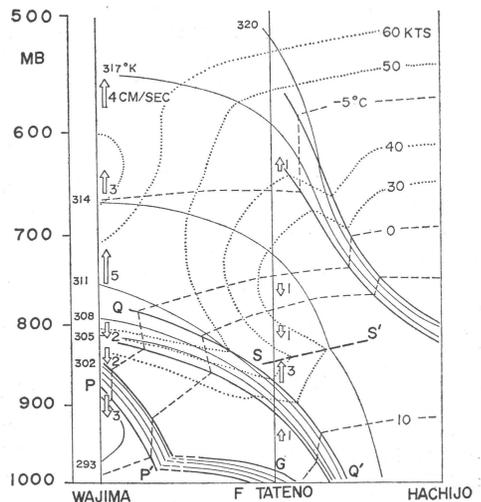
細い実線は地上の等圧線, 細い破線は温位 282°K の等高度線, 陰影部は富士山レーダーによるエコー域, 太い破線は 850mb 面の, また二重線は 700mb 面の気圧の谷を示す.

ーがあり, 地上にはメソ高気圧が形成されている。この寒冷前線の通過後大陸の高気圧が本州に北寄りに張出してきて, 東から南の海上にのびる寒冷前線の動きは遅くなっている。

5.1.3 急速な寒気の南下に伴って出現した線状エコー

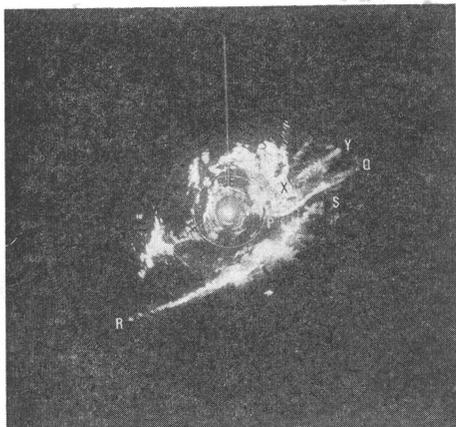
1969年2月13日21時から14日09時にかけて本州は大きな低圧部の中にあり, 南岸には前線がほとんど停滞していたが, 14日09時から21時にかけて前線は急速に南下し, 本州付近には大陸の高気圧が張出してきた。14日09時の地上天気図と鉛直断面図を第15図(a), (b) に示すが, この時間には特徴的なエコーは観測されていない。しかし16時30分には西南西—東北東の走向をもった特徴ある数本の線状エコー (XY, PQ および RS) が観測された(第16図)。これらのエコーは全体として総観スケールの地上天気図に解析される寒冷前線に伴って出現したものであるが, 前線の中規模構造とどのように対応するかは非常に興味ある問題である。

このエコーの方位角169.6°の方向の鉛直断面内のエコー分布は第17図で, 中心より 175km のところにエコー頂高度の最大があり, 降雨帯の巾はおよそ 150km である。エコー PQ に対応するエコーは東京レーダーでは

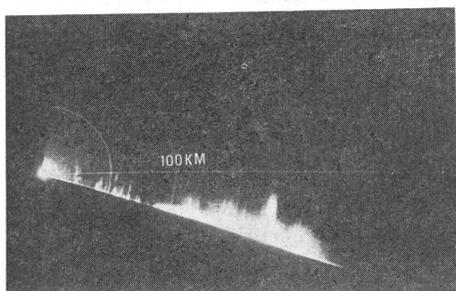


第15図(b) 1969年2月14日09時の鉛直断面図(村木, 1973)

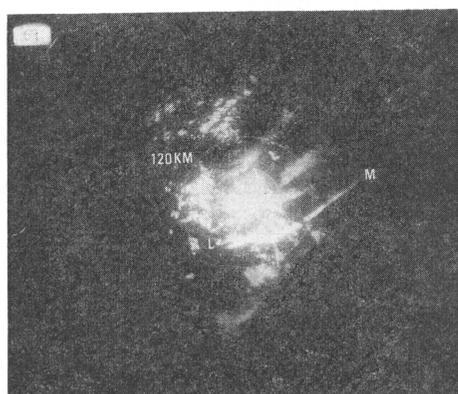
第15図(a)でXYの方向の断面を示す。細い実線は等相当温位線, 点線は等風速線, 細い破線は等温線, 二重の矢印は等温位面運動を仮定して求めた鉛直流 (cm/sec) を示す。SS' は沈降面である。



第16図 1969年2月14日16時30分, PPI, レンジマーク 100km ごと, アンテナ仰角 -0.8° でシークラッターはほとんど消してある.



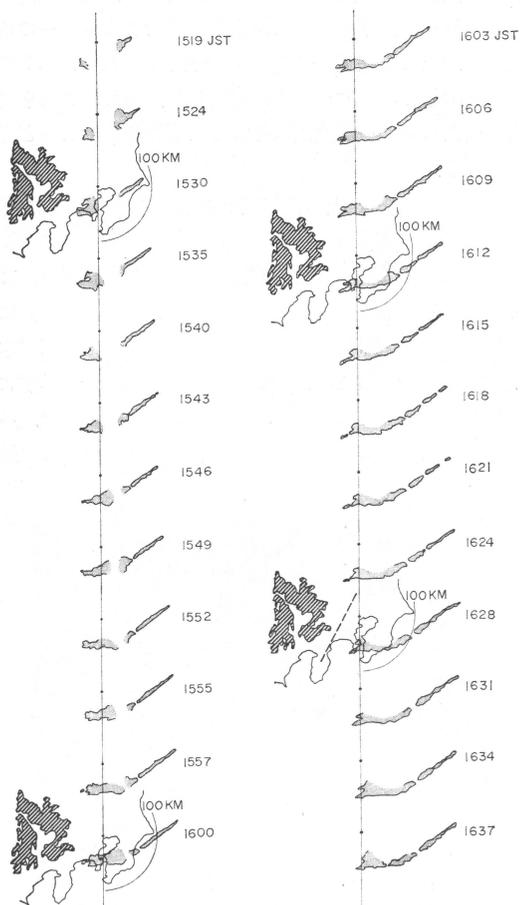
第17図 1969年2月14日16時19分, REI, 距離目盛 50km ごと, 方位角 169.6°



第18図 1969年2月14日16時00分, PPI (東京レーダー), レンジマーク 40km ごと, アンテナ仰角 0.7° . エコー LM は富士山レーダーによるエコー PQ に対応する.

第18図の LM であるが、このエコーを伴う寒気の流入は関東平野では低層の寒気でしゃへいされて、地上の観測値には不明瞭であったが、東京湾付近まで南下した時から地上の観測値に明瞭に現われている。このエコーについて東京レーダーによる3分ごとの PPI 写真から、その時間変化(第19図)を調べると次のことがわかる(村木, 1973).

1. 15時24分から15時30分にかけて明瞭な線状エコーが急速に形成された.
2. この線状エコーは北東-南西の走向をもつ部分と、ほぼ東西の走向をもつ部分とから成っている(これらの交る場所は局地天気図で解析される小低気圧の位



第19図 1969年2月14日15時19分から16時36分までの東京レーダーによるエコーの時間変化(村木, 1973)

斜線部は海拔高度 1,000m 以上の地域を示す。破線は高度 4km における気圧の谷の推定位置である。

置に対応する)

3. 北東-南西の走向をもつエコーは巾が狭く著しいもので、その先端は16時00分まで北東に向かって平均 92 km/hr で成長したが、その後成長は止り、16時12分よりエコーは分裂しはじめている。

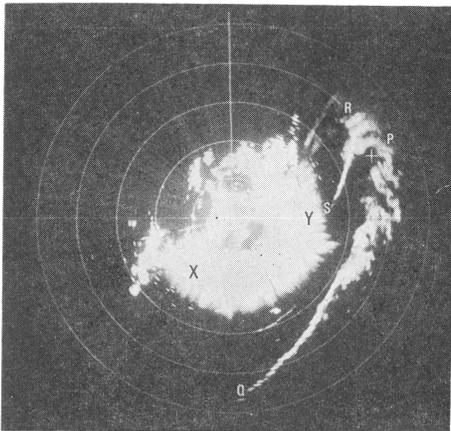
4. ほぼ東西の走向をもつエコーは巾が広く、16時35分まで西に向かって 71 km/hr で成長した。16時09分までその西端の位置は変らなかつたが、16時12分から衰えはじめ、16時28分からは全体として東進しはじめている。

5. 地上の小低気圧の位置に対応するこれら走向の異なるエコーの変わったところは、15時以後ほぼ東進している。

なお走行の異なるエコーのうち、北東-南西の走向をもつエコーが南下する時、東京湾中部でこのエコーの前面の、地上での収束(ベラミー法を使用)は、 $1.2 \times 10^{-3} \text{ sec}^{-1}$ から $2.2 \times 10^{-3} \text{ sec}^{-1}$ に増大した。また、これら走向の異なるエコーの成因はそれぞれ別の機構によると考えられる。

5.1.4 本州東海上の低気圧からのびる寒冷前線に伴う線状エコー

1968年3月11日09時に東支那海にあった低気圧は、12日早朝本州南岸沿いを発達しながら急速(80 km/hr)に東北東進して、本州東方海上に抜けた。この低気圧が本州の東海上に達した12日09時24分には、第20図に示すような顕著な線状エコー PQ および RS が観測された。エコー PQ について春日(1968)の解析によると、この線



第20図 1968年3月12日08時24分、PPI、レンジマーク100km ごと、アンテナ仰角 -1.1° 。中心より250km 以内には強いシークラッター(XY)が出現している。

状エコーは総観スケールの地上天気図で解析される寒冷前線にほぼ沿っており、線状エコーを構成するセルは高度 700 mb の風とほぼ同じ速さで移動(方向は線状エコーの走向と $30^\circ \sim 40^\circ$ の角度をもつ)し、線状エコーはその走向に対し直角方向に、セルの移動速度の、線状エコーの走向に対し直角方向の成分で移動した。総観スケールの天気図で解析された寒冷前線に伴うエコーは、本例のように明瞭な線状エコーとして現われる場合の他、数本の線状エコーが並んだもの、全く不定形のものなどがある。

エコー RS は08時10分の観測から探知され、前2時間以内に急速に発達したものであり、09時には低気圧はすでに閉塞過程にあって、このエコーは低気圧の中心(第20図の+印)に対し西側をおおうように出現していた。

なお牧野・樫間(1973)は1965~1968年の4年間に富士山レーダーで観測された線状エコー(線状、大型、小型の便宜上の定義は前述)について統計し次のような結果を得ている。

1) 小型線状エコーの走向の標準偏差 $\sigma = 36.7^\circ$ 、大型のそれは $\sigma = 24.9^\circ$ となり、大型線状エコーの走向はかなり規則性をもっていることを示している。

2) 線状エコーの分布は地形(特に海陸分布)および季節によって明瞭な特徴を示している。また海上での分布は海面温度と密接に関係している。

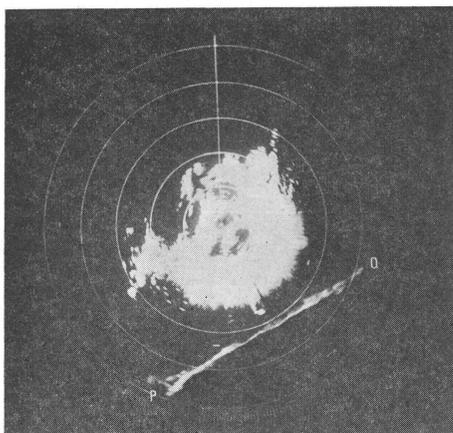
3) 大型線状エコーの最多走向は、夏季には対流圏中層の平均風向よりも寝ているが、その他の季節では若干立っている。これらのことから夏季の線状エコーは北上するものが多く、その他の季節では南下するものが多いことが期待される。

5.1.5 本州南海上の寒冷前線に伴う南縁の明瞭な線状エコー

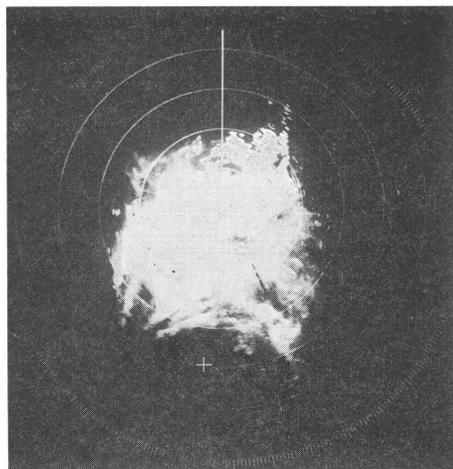
日本海から寒冷前線が本州を南下し、移動性高気圧が本州中部をおおい、前線は本州の南海上に達した。その後前線の走向は次第に東西方向となり、南側の高気圧との境界を形成し、その上を西方から低気圧が東ないし東北東に移動した。この前線に伴うエコー(第21図)は南側の縁がほぼ直線に近く非常に明瞭であった。このエコーは11時から12時にかけて最もシャープな線状を呈したが、その後前線上の低気圧が西方から接近するにつれ、西の方からエコーの巾が広くなり次第に形はくずれていった。

5.1.6 寒冷前線に伴うエコーの台風による変形

1972年7月14日には日本海沿岸に寒冷前線に伴う大型



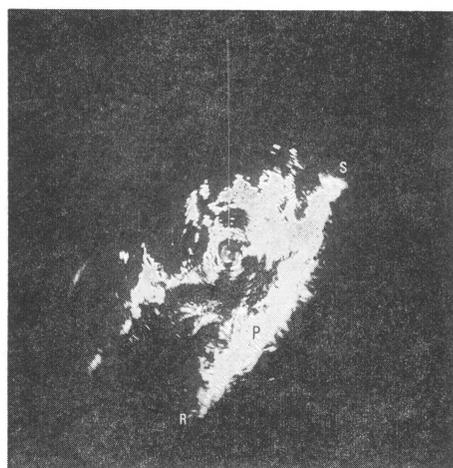
第21図 1974年5月6日11時43分, PPI, レンジマーク 100km ごと, アンテナ仰角 -1.7°



第23図 1972年7月15日08時33分, PPI, レンジマーク 100km ごと, アンテナ仰角 -1.2° . +印は台風のおおよその中心位置.



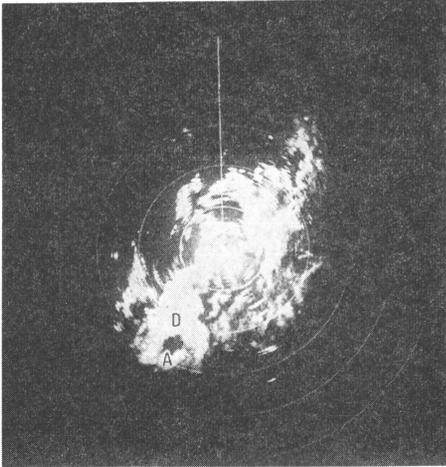
第22図 1972年7月14日13時07分, PPI, レンジマーク 100km ごと, アンテナ仰角 -1.7°



第24図 1972年7月16日04時44分, PPI, レンジマーク 100km ごと, アンテナ仰角 -1.1°

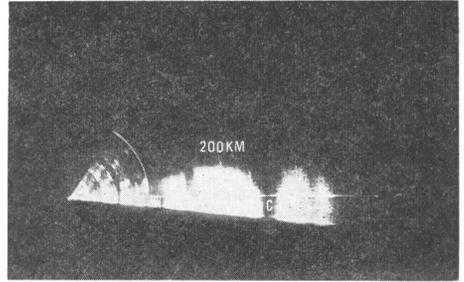
の带状エコー FG (第22図) があってゆっくり南東に移動していた。一方台風7206号は鳥島の西方海上をゆっくり北上し、次第に速度をはやめ、本州南岸まで南下した前線に接近し、前線を北におし上げるようにして知多半島北部から本州に上陸し、日本海に抜けた。この間に寒冷前線に伴うエコーは本州南岸および海上で興味ある変化をした。第23図は台風が前線に非常に接近してきた時のエコーの写真であり、台風に伴う降雨帯のエコーと前線に伴うエコーが本州の南岸で連続している。台風の北上とともに带状エコーは東西方向に細長くなり、東と西の部分に分裂し、それぞれ北東および北西方向に移動したが、16日早朝には西側のエコーは衰え、東側のエコー

は房総沖で北々東-南々西の走向をもつ巨大な带状エコー SR (165° の方向 190 km 付近 (P) で強度 S, エコー頂高度 10 km) (第24図) に発達した。その後この巨大な带状エコーはおおよそ 30 km/hr で海上から内陸部に向って北上し、 $36^\circ N$ 以北の部分は北上するにつれて次第に衰えたが、それより南の部分は勢力を維持し、台風が日本海に抜けた後、紀伊半島の南東およそ 100 km の海上に直径 200 km, 中心部のエコーのない部分の直径約 50 km のドーナツ状のエコー D (第25図) が出現した (方位角 212° , 距離 260 km 付近に中心がある)。この



第25図 1972年7月17日04時31分, PPI, レンジマーク 100km ごと, アンテナ仰角 -0.7°

エコーの中心部を通る方向のエコーの鉛直分布を第26図に示す。このエコーは一見サイクロニックな循環をしているように見えるが、エコーAに着目して05時26分から53分までの5分ごとの時間推移をみると、ほとんど停滞したまま次第に弱まり、中心部のエコーのない部分の形もくずれている。このエコーAを構成するセルおよび北側の団塊状の対流性エコー内のセルの移動については、富士山レーダーでは不明である。このエコーの南々西およそ 1,400km の海上には台風7207号があってゆっくり

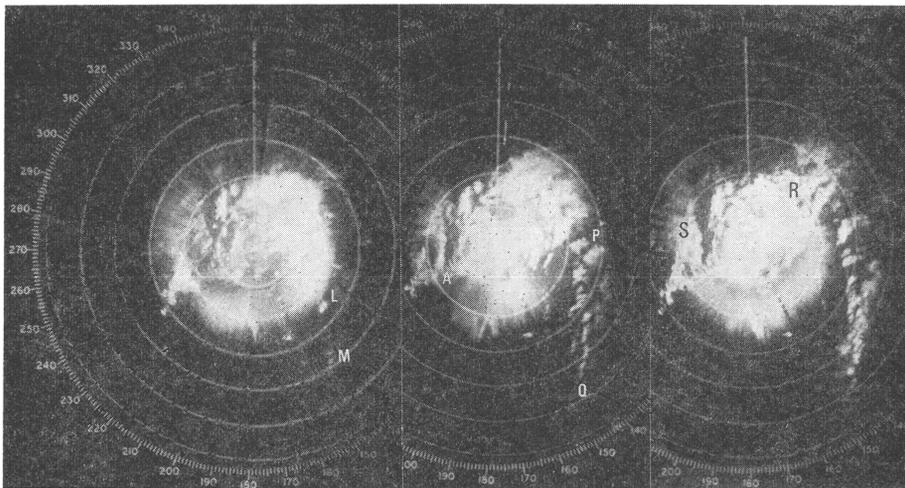


第26図 1972年7月17日04時35分, REI, 距離目盛 100km ごと, 方位角 212°

北西進しており、このエコーの出現している付近には、06時の地上天気図でも明らかにサイクロニックな等圧線の屈曲がみられ、周辺の陸上では対流性の降水を観測している。

この付近に出来るうず状エコーについて田中・深津(1971)は、この種のエコーは、紀伊半島のはるか南沖に前線または低気圧がある場合に現われ、地形が東～南東の気流を巻き込ませる働きをして生じたものか、あるいは easterly wave が渦になった部分かもしれないと述べている。本例でもこのエコーの形成には地形の影響が大きいと考えられる。

このエコーで04時20分における最強部は 210° の方向 210km のところで強度 M～S、エコー頂高度 11km であったが、05時10分にはエコー頂高度は 8km 以下とな



第27図 1967年10月28日01時58分から04時03分までのエコーの変化。PPI, レンジマーク 100km ごと。
 (a) 01時58分, アンテナ仰角 -0.6° 。 (b) 02時59分, アンテナ仰角 -0.5° 。
 (c) 04時03分, アンテナ仰角 -0.8° 。

り、06時過ぎには全体として特徴的な形はくずれている。第26図でエコーのない部分Cは、PPI写真でドーナツ状のエコーの内側のエコーのない部分に対応する。このエコーはほとんど停滞したままおよそ13時間後に消滅している。

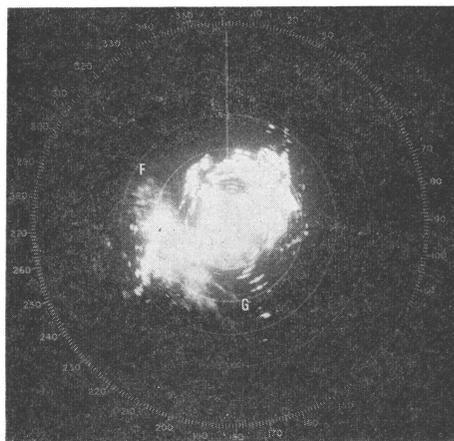
5.1.7 熱帯低気圧が温帯低気圧化する過程で急速に形成され発達した帯状エコー

台風6734号が渥美半島に上陸後、佐渡付近と房総半島付近に副低気圧が発生し、台風はしばらくそのまま北々東に進んだ。佐渡付近の副低気圧は仙台付近で消滅し、房総半島付近の副低気圧は三陸沖を北上した。台風の上陸直前の1967年10月28日02時から2時間後の04時にかけてのエコーの推移を第27図(a), (b), (c)に示す。

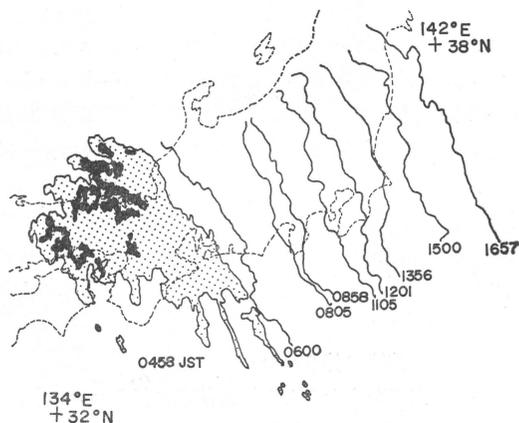
これによると02時頃八丈島の東海上にはほぼ南北に点在していた対流性エコー(第27図(a)のLM)は次第に組織化され、03時には関東北部より房総半島一八丈島の東へのびる大きな帯状エコー(第27図(b)のPQ)に発達している。この頃台風は海上から渥美半島(第27図(b)のA)に上陸しているが、エコーからは不明瞭であり、主な降雨帯は関東北部を中心とした部分(第27図(c)のR)および北陸・近畿北部方面を中心とした部分(第27図(c)のS)に分かれている。03時の地上天気図では房総半島北部に副低気圧が解析され、この低気圧より東南東へのびる温暖前線は前の時間から追跡できるが、急速にはほぼ南北方向に発達したエコーPQ(03時02分の観測でエコーの最強部は強度M、高度5kmであったが、05時03分には強度S、高度11kmに発達)に対応するじょう乱は海上ではデータが少ないので天気図上ではわからない。04時以後エコーは北東に50~60 km/hrで順調に移動し、09時には地上天気図でこのエコー付近にはほぼエコーに沿って寒冷前線が解析される。これから03時には海上のデータだけでは寒冷前線は解析できないが、エコーの推移からみると、この時間には寒冷前線が形成されつつあったと考えられる。エコー域Rは移動が明瞭(北東に60 km/hr)であったが、Sはかなり長時間ほとんど停滞して次第に衰弱した。上陸後の台風の動向はエコーからは極めて把握しにくい状況であるが、組織化され勢力を保ちつつ明瞭な移動のみられるエコーRが、じょう乱の主勢力の動向を示していると考えられる。

5.2 温暖前線に伴うエコー
前線の明瞭な面エコー

1967年6月27日21時には黄海にあって、東南東へのび
1975年7月

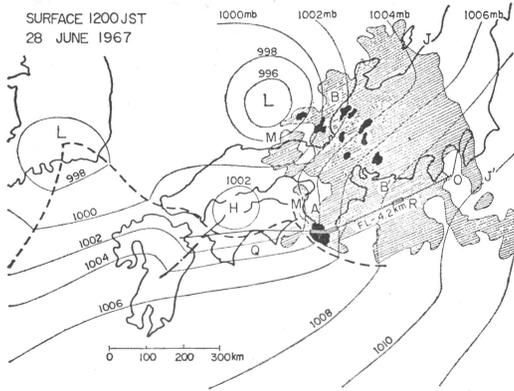


第28図 1967年6月28日06時12分、PPI、レンジマーク100kmごと、アンテナ仰角 -0.9° 。FGはエコーの前縁を示す



第29図 1967年6月28日04時58分のエコーのスケッチ(黒くぬりつぶした部分は強度M以上)とその後のエコーの前縁の位置

る温暖前線を伴った低気圧の接近により、前縁の明瞭な面エコーが観測された。エコーはその大部分がグラッドの上であり、しかも層状エコーが主体のため写真(第28図)だけではエコー領域は十分に捉えられていないので、エコーのスケッチ(第29図)も示してある。エコーの前縁の移動は明瞭に追跡(04時58分と06時00分の観測により東へ40 km/hrで移動)でき、14時には房総沖に達している。このように大きな規模の面エコーの縁辺は持続性があり、この例では28日04時58分の観測から16時57分の観測まで12時間も、明瞭なエコーの前縁を追跡することができる(第29図参照)。この温暖前線の28日12



第30図 1967年6月28日12時，地上天気図（中山，1968）

太い破線は地上の前線系，斜線を施した部分は富士山レーダーによるエコーで，黒い部分は強度M以上のエコー域，細い実線は飛行経路で stipple area は雲中，細長い矩形の部分はタービュレンス域を示す。

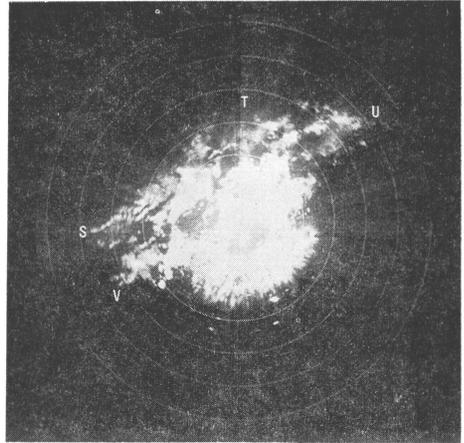
時における位置とレーダーエコーを第30図に示す。28日11時55分に羽田を離陸した商業航空機から中山（1969）が観測した結果では，この温暖前線面上の雲底は大島（第30図のO）上空で3.6km でごく弱い雨を伴っていた。浜松の南（第30図のR）で対流雲中に入り雨は強くなり，タービュレンスがあった。このタービュレンスの発生域は富士山レーダーによる強度M以上のエコーのある部分 BB' の延長上で，700 mb 面の暖気移流の大きい所に対応していた。

5.3 停滞前線に伴うエコー

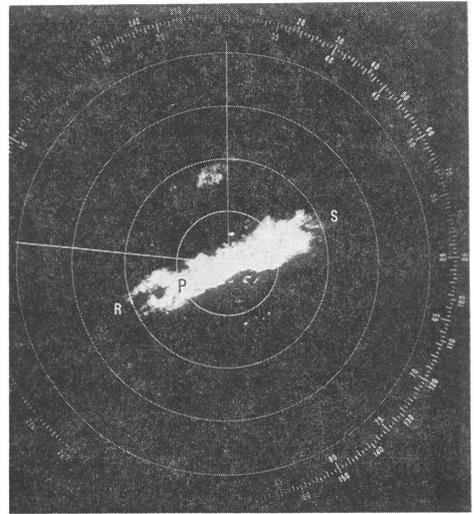
5.3.1 豪雨をもたらした梅雨前線に伴うエコー

日本海から南下した前線は1972年7月9日～13日まで関東南部から東海地方にかけて停滞し，この前線により各地は大雨に見舞われた。この大雨は昭和47年7月豪雨と命名されたが，神奈川県西部で雨量は11日09時から12日09時までの間に447mm に達した。第31図は富士山レーダーによるこの前線に伴うエコー（STUV）であるが，東京レーダーの写真（第32図）によると，東京を中心として東北東～西南西の走向をもった明瞭な団塊状エコー（RS）があって長時間ほとんど停滞していた。このエコーは非常に強いもので07時00分には東京の西南西およそ50km 付近（P）で強度S，エコー頂高度13.0km であった。青木（1973）の調査によると，梅雨前線の北側にある朝鮮南部から東北地方にかけての大きな雨

** 12時01分の観測によれば，この温暖前線に伴うエコーの最大エコー頂高度は5～6km であった。

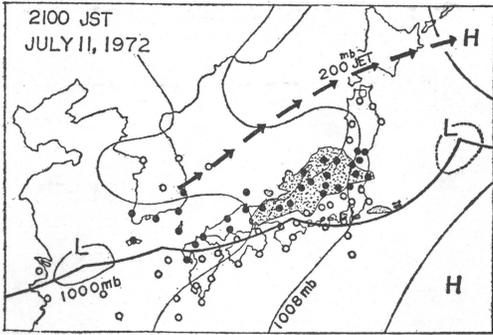


第31図 1972年7月12日05時24分，PPI，レンジマーク100km ごと，アンテナ仰角 -1.7°

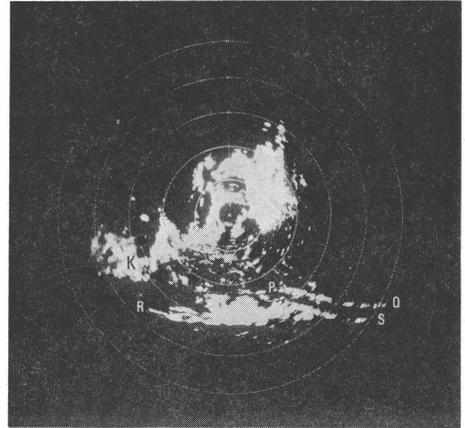


第32図 1972年7月12日06時16分，PPI（東京レーダー），レンジマーク50km ごと，アンテナ仰角1.6°

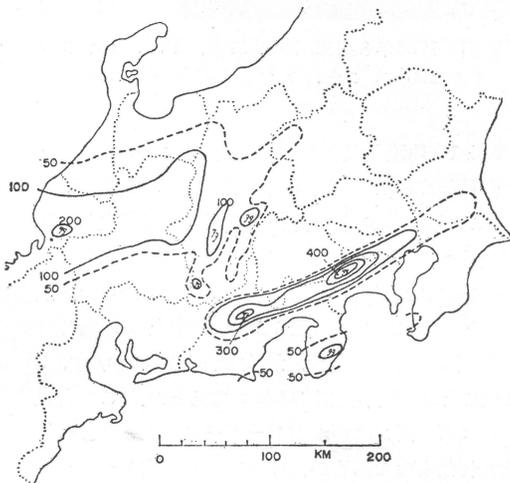
域と，東海地方から東の前線に沿った巾の狭い雨域（巾は約20km）（第33図）とは走向が異なり，しかもこの二つの雨域の間には降水のない領域があって，この二つの雨域の間で長野県の三峰川および三岳では，集中豪雨の発生前に相対湿度の減少と気温の上昇がみられた。また，前者の大きな雨域の東の境界の変化をレーダーエコーで調べると，7月11日18時～24時の間に関東地方の内陸部から西方へエコーの境界が移動して，エコーのない領域が広がっている。後者の雨域に対応して7月11日09時から12日09時までの間に神奈川県北西部では降水量は



第33図 1972年7月11日21時の地上天気図と200mbのジェット軸(太い矢印)(青木, 1973) 黒丸は降水のある地点, 白丸は降水のない地点, 点域は富士山レーダーのエコー。



第35図 1974年7月16日05時46分, PPI, レンジマ-ク 100km ごと, アンテナ仰角 -1.7°



第34図 1972年7月11日09時から7月12日09時までの降水量(単位はmm)(青木, 1973)

400 mm 以上, 静岡県北部では 300 mm 以上に達している。降雨帯の風上端は静岡・愛知両県の県境の北部に位置してほとんど移動しなかった。これらの降雨帯による降水量分布を第34図に示す。

5.3.2 本州南海上の梅雨前線に伴う帯状エコー

日本海側から南下し本州南岸付近に停滞した梅雨前線は, 1974年7月16日06時の地上天気図で中国地方から近畿地方, 八丈島の北を通してほぼ東西に解析される。この前線に伴うエコーは第35図の KPQRS であるが, エコー RPQS は近畿地方のエコー-Kより強度も強く高度も高い。06時00分の観測では大部分強度M以上, 高度は10~12km(エコー-Kでは6~8km)であった。エコー

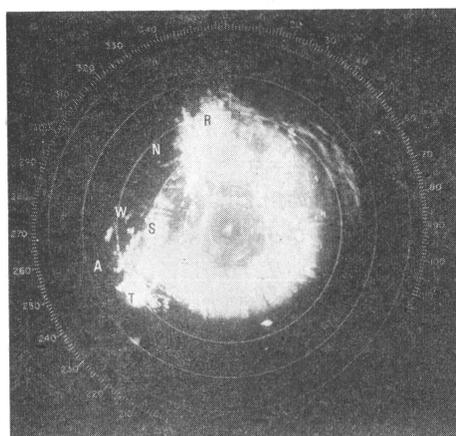
域Kは気象庁予報課の06時の地上天気図に解析された梅雨前線の北側にあたるが, Kより東で前線の北側には, 海上に散在する対流性エコーを除いてエコーはない。一方エコー域 RPQS は梅雨前線の南側にあたり, 26°N 付近にはほぼ東西にのびる細長い太平洋高気圧があって, その縁辺にあっていた。09時以後エコー域Kは東に広がり, エコー域 RPQS に西方で連続し, 西方からのエコーがさらに東方に広がるにつれ, エコー域 RPQS の本体は散乱し東に移動した。

5.4 閉塞前線に伴うエコー

1967年7月2日09時に黄海にあって, 朝鮮南部から九州北部・四国南部をへて本州南海上にのびる温暖前線を伴った低気圧は, 朝鮮半島から日本海に入り, 2日21時には日本海中部で閉塞し, 日本海北東部へ進み, その後5日09時には北海道西岸で衰えた。この低気圧に伴う前線によるエコーの前縁は, 2日09時より明瞭に追跡できる。エコーのほぼ中心部にあたる 36°N と 37°N で, このエコーの前縁の東方への移動成分を求め, その平均値をエコー域の前縁の移動速度とすると第2表のようになる。これから11~12時にかけて移動速度は大きくなっているが, 15時にかけて急に遅く(15km/hr程度)なり, その後は幾分遅くなっていることがわかる。12時から15時にかけて雨域の前縁の移動速度が急に遅くなっているのは, 低気圧の閉塞と関係があるかもしれない。エコー域内の対流性エコーのエコー頂高度は, 17時以後それまでの4~6kmから5~7kmと幾分高くなっており, 18時以後はエコー域の前縁は乱れ追跡できない。第36図には地上天気図で閉塞前線が能登半島(N)西岸から若狭

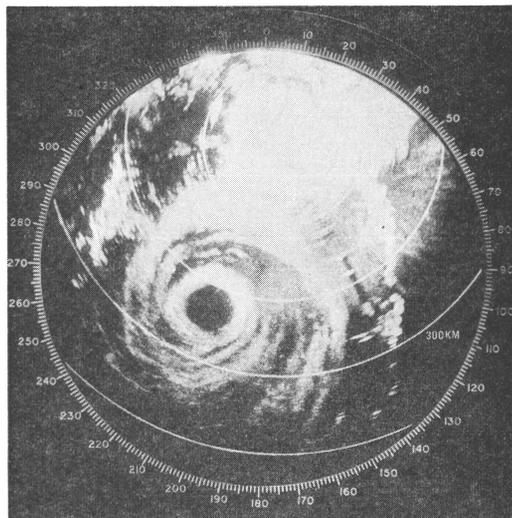
第2表 エコー域前線の移動速度とエコー頂高度

時間	各緯度に沿う方向の移動距離 (km)		平均速度 (km/hr)	測定されたエコー頂高度 (km) カッコ内は観測時刻
	36°N	37°N		
09—11	100	60	43	6, 5 (11)
11—12	80	85	83	5, 5 (12)
12—14	50	70	30	4, 4 (14)
14—15	20	10	15	5, 4 (15)
15—17	85	65	38	5, 7 (17)
17—18	40	35	38	5, 6 (18)
18—	—	—	—	6, 6 (20) 7, 5 (21)

第36図 1967年7月2日21時03分, PPI, レンジマーク100kmごと, アンテナ仰角 -1.6°

湾(W), 淡路島(A)付近にのびている2日21時のエコーの写真を示す。エコーは全般に層状であるが、エコーの西縁付近のR—S—Tにかけて対流性の比較的強いエコー(S付近で強度W~M, 高度5km, T付近では強度M, 高度7km)があり特徴ある強度分布をしていた。中山(1968)の解析によると、この閉塞前線が東北地方北部に達した3日21時には、閉塞前線は温暖型であった。また、沢田(1955)は温暖型の閉塞前線では、上空の寒冷前線はその前方にある広い雨域の西の縁辺に位置していることがあり、この雨域の縁に着目することは上空の寒冷前線を見つける上に役立つことがあると述べている。2日21時の閉塞前線の構造については調べていないが、閉塞前線に伴うエコーの強度分布は閉塞前線の解析に有用な情報になると考えられる。

5.5 台風のエコー

第37図 1965年8月22日10時37分, PPI, レンジマーク100kmごと, アンテナ仰角 -0.6°

5.5.1 明瞭な眼をもった台風のエコー

台風6517号は1965年8月14日21時に 11.8°N , 173.4°E に1008mbの弱い熱帯低気圧として発生し、15日15時ウェーク島の南東約600kmの海上、 15.1°N , 170.4°E に達して中心示度1000mbの台風となった。最盛時の21日00時には鳥島の西110kmの海上 30.4°N , 139.1°E で中心示度940mb, 最大風速は55m/sec, 25m/sec以上の暴風半径は200kmであった。この台風のエコー(第37図)は富士山レーダーの設置された翌年に観測されたものであるが、今までに富士山レーダーで観測された台風のエコーの中で、最も明瞭な眼とスパイラルバンドのとらえられた例である。富士山レーダーのスコープ内で長時間(約50時間)観測され、その間に台風の進路の急変、遠州灘での急激な衰弱などあって興味ある研究対象となった(例えば Tatehira and Itakura, 1966)ものである。

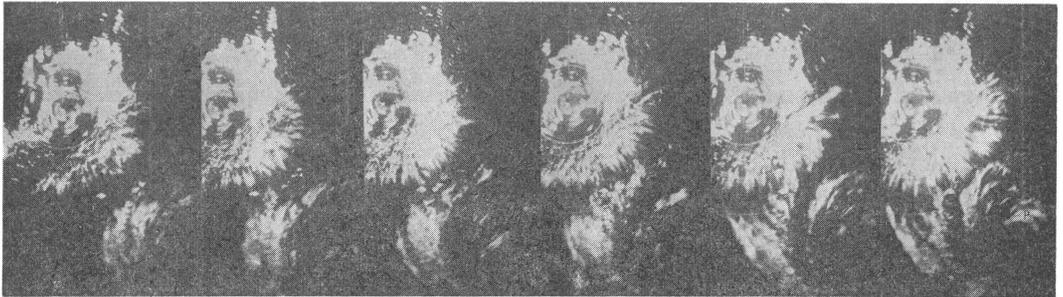
5.5.2 台風の進路変化に伴うエコーパターンの変化

台風7123号は、はじめ北西進していたが、八丈島の東海上で進路を北に変え、房総沖では北々東に進み、北海道東方海上に抜けた。

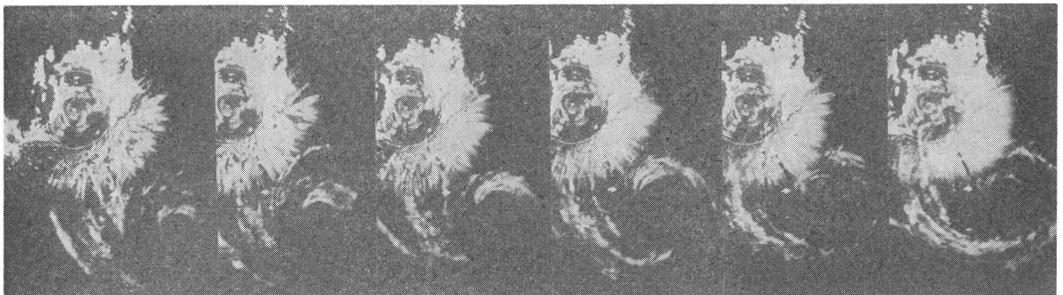
八丈島の東に達するまで北西進している間は、平均速度は25km/hrであったが、八丈島の東で一時減速(15km/hr)し、その後次第に速度を速め北々東に進路を変えてからは30km/hrで移動した。第38図(a)~(s)はこの台風の転向する8時間前の1972年8月6日16時02



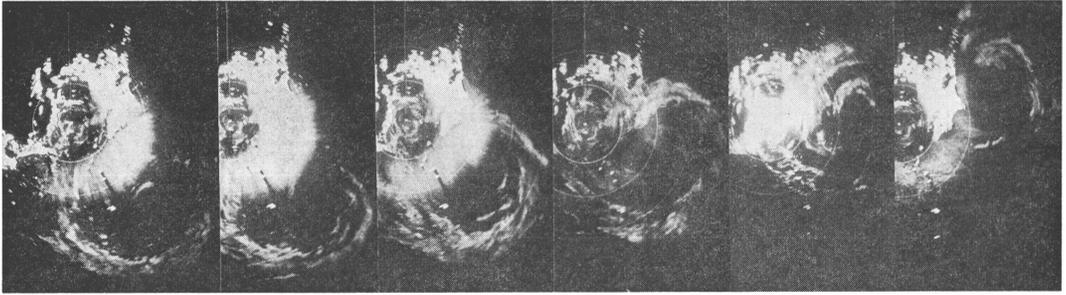
(a) 16時02分



(b) 17時06分 (c) 18時00分 (d) 19時00分 (e) 20時02分 (f) 21時04分 (g) 22時01分

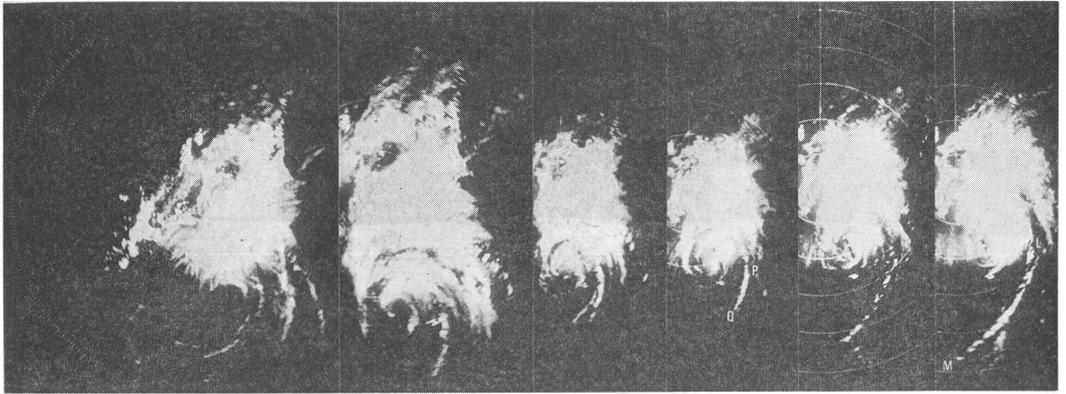


(h) 22時57分 (i) 8月7日 00時04分 (j) 00時58分 (k) 02時07分 (l) 02時57分 (m) 04時02分



(n) 05時01分 (o) 05時57分 (p) 09時01分 (q) 12時10分 (r) 14時58分 (s) 18時20分

第38図 1972年8月6日16時02分から8月7日18時20分までの台風7123号のエコー, PPI, レンジマーク100km ごと, アンテナ仰角は (a)–(p): $-1.6^{\circ} \sim -1.8^{\circ}$, (q)–(r): $-1.1^{\circ} \sim -1.2^{\circ}$, (s): -1.8°



(a) 9月7日17時07分, アンテナ仰角 -1.8° (b) 18時14分, -1.1° (c) 19時13分, -1.1° (d) 20時11分, -1.1° (e) 21時13分, -1.1° (f) 22時14分, -1.1°

第39図 1971年9月7日17時07分から7日22時14分までの台風7125号のエコー, PPI, レンジマーク100km ごと, (b) は他の写真より拡大されてある。

分から、転向18時間後（8月7日18時20分）までの毎時（05時57分以後は3時間ごと）のエコーの状況を示す。この写真によると、エコーの集中帯がはじめ台風の進行前面にあたる、中心の西から北西側にかけてあったが、22時から急に北側に強いエコー（写真(g)のP）が出現している（スケッチ観測によっても確かめられる）***。台風はこの5時間後の03時には転向が認められるので、この強いエコーの出現は転向の先駆現象といえるかもしれない。このエコーは次第に発達し、02時には北東から

東側にまで発達し、非常に明瞭になっている。このエコーの集中帯は転向後の台風の進行前面にあたる。この例では転向が確認される数時間前に、その方向の前面に強いエコーの出現していることは興味深い。台風の進行前面にエコーの集中帯がみられることに関しては、台風6517号（第37図参照）について Tatehira and Itakura (1966)、台風6722号について Kadowaki *et al.* (1968)の研究がある。さらに門脇 (1971) は台風7012号に関して転向前後のエコーパターンに明瞭な差の認められることを示している。

5.5.3 強い豪雨を伴った台風の外側降雨帯とスパイラルバンドの発達

台風7125号は紀伊半島のはるか南方海上から北々東進

*** 等ビーム高度線が2~4kmの範囲内での変化であり、この付近のエコーの最大エコー頂高度は5~6km程度であるので、台風の接近により、エコーのみかけの増大も含まれているかもしれない。

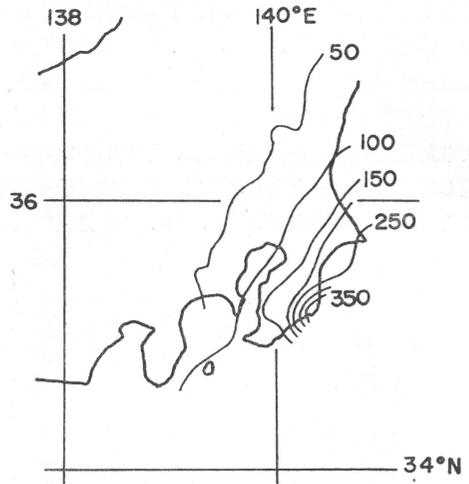
し、次第に速度を増し、房総沖を 45 km/hr で北東進した。この台風が本州に接近しつつあった時、日本海から南下した前線が本州に東西にのび停滞していた。この前線は台風の接近とともに活発化して、岐阜、長野、千葉県各地に豪雨をもたらした。

特に千葉県の東海岸で雨量は多く、勝浦における降雨は1971年9月8日01時~02時にかけて最も強く、1時間降水量は 122.0 mm、総降水量は 558.0 mm に達した。第39図 (a)~(f) には、勝浦で最強雨を観測したおよそ8時間前の9月7日の17時07分から22時14分までの間のエコーパターンの変化を示す。17時には勝浦はまだ台風の外側降雨帯の中に入っていなかったが、1時間後の18時から入り19時から降雨は急に強くなっている。毎時の降水量分布(第40図)によると、6日17時~7日12時の降水群と7日16時~8日04時の降水群とが明瞭に区別されるが、後者が台風に直接関係したものである。第41図には9月7日09時~8日09時の24時間の降水量分布(mm)を示す。20時頃から台風のスパイラルバンドの一つ((d)図のPQ)が成長して南々西にのびる規模の大きい線状エコー((f)図のLM)に発達した。

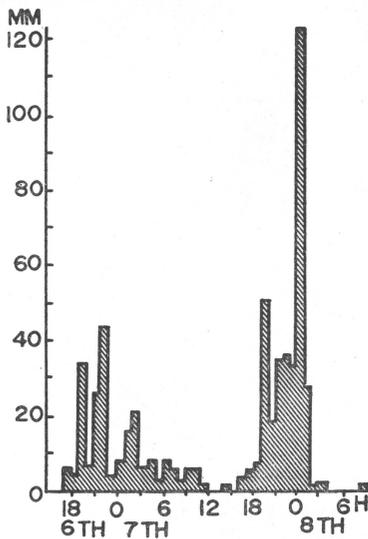
5.5.4 台風周辺域でのしゅう雨のエコー

関東地方の南方およそ 800km の海上を台風7209号がゆっくり西ないし西北西に移動している間、関東南部は断続的な強いしゅう雨に見舞われたが、富士山レーダー

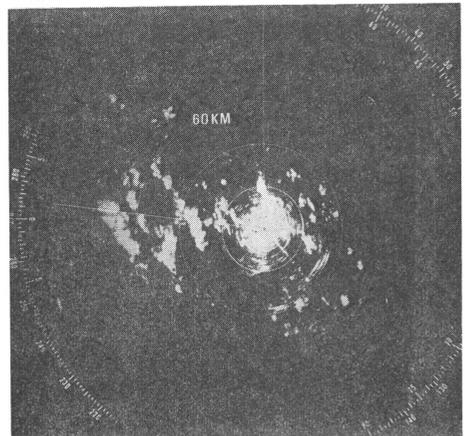
では台風の外側降雨帯の北端の一部と海上に点在する対流性エコーを観測しているだけである。この強いしゅう雨は関東南部の限られた地域での現象であり、同じような天気は東京では18時間もつづいた。このようなメソスケールの気圧場に伴う悪天の観測には東京レーダーが有効で、第42図に7月22日16時11分のエコーの写真を示す。PPI スコープ内で小さな対流性エコーが発生、発達あるいは衰弱しながら 50 km/hr で次々と西進した。エコー頂高度は 5km 程度で余り高くないが、東京管区気



第41図 昭和46年9月7日09時~8日09時の降水量分布(mm) (東京管区気象台異常気象調査報告, 1971)



第40図 勝浦における昭和46年9月6日~8日の毎時の降水量変化図 (東京管区気象台異常気象調査報告, 1971)



第42図 1972年7月22日16時11分, PPI (東京レーダー), レンジマーク 20km ごと, アンテナ仰角 1.5°

象台の降雨計の記録によれば、22日12時12分から23日05時10分の間にこれらエコーセルの通過ごとに強いしゅう雨があって、最大降雨強度は13時31分に 69.0 mm/hr に達しており、降雨群ごとの降雨強度のピークの通過時間間隔は、全降雨群の76%が10~40分の中に含まれている。またエコーの連続写真からは興味あるエコーの消長が捉えられた。

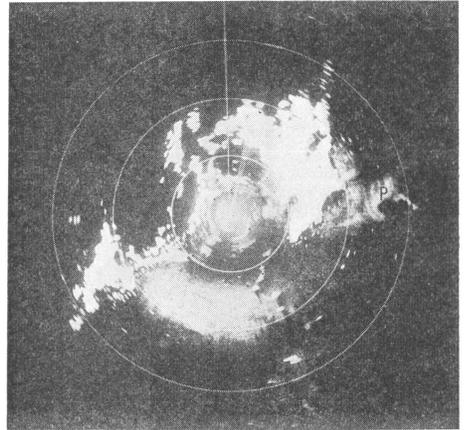
5.6 寒冷渦内のエコー

5.6.1 房総沖に発生した渦状エコー

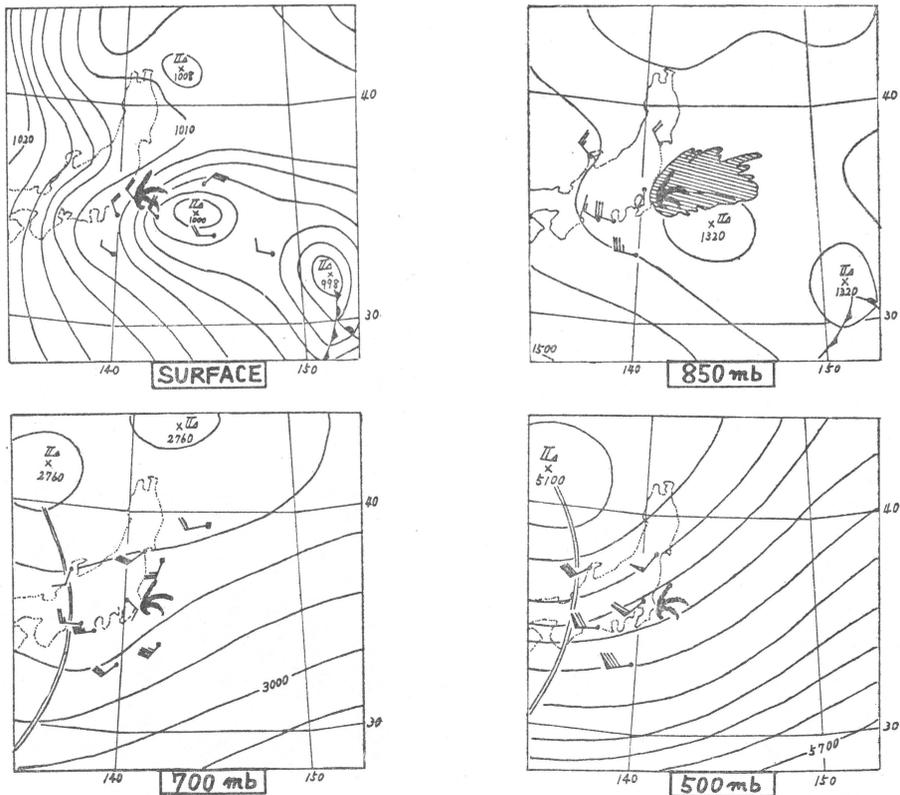
1970年1月15日21時には、高度 850 mb でみると、本州中部には低気圧があって本州の日本海側は全般に天気が悪く、太平洋側も雲が多かった。しかし16日21時には低気圧は東海上に去り、太平洋側の天気は回復した。

銚子の東海上から八丈島の東海上にかけては15日午前中より対流性のエコーが観測され、午後からはエコーは連続して混合エコーとなり、16日09時には銚子の東南東およそ 100km の海上 35.2°N, 141.9°E 付近に渦状エ

コーP (第43図) が出現していた。この渦状エコーに伴うスパイラル状のバンドの一本は房総半島にあって、そ



第43図 1970年1月16日09時51分, PPI, レンジマーク 100km ごと, アンテナ仰角 -1.3°



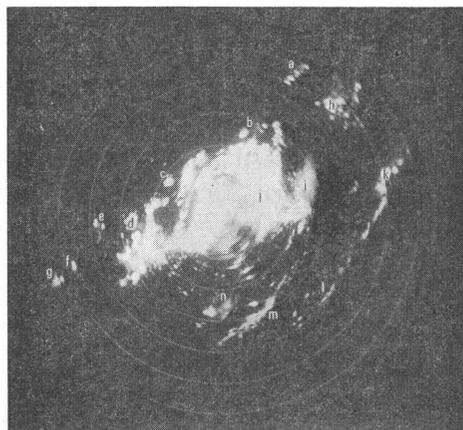
第44図 各レベルの天気図 (1970年1月16日09時) と渦状エコー (模図的に記入してある) (立平, 1970) 斜線域は衛星資料による渦周辺の雲域である。

の地域にかなりの降雪をもたらした。このエコーは最強部で強度M、エコー頂高度は3km(12時には4km)であり、あまり高くない。16日09時の館野の高層観測によれば、地上~900mb および 670mb より上層では西風成分をもつ風であるが、その間では南~南東の風で、特に 680~750mb の間で明瞭な南東風となっている。立平(1970)は地上、850, 700, 500mb の天気図と渦状エコーの位置(第44図)を示し、この渦状エコーは、そのスケールから考えて、地上および 850~700mb 面にみられる低気圧性循環による直接の産物ではなく、地上付近のメソスケールの低気圧性循環およびこれから約500km 西方に位置する 700mb 付近のメソスケールの低気圧性循環にはさまれている領域は、小スケールの渦の発生に好適な条件を備えているのではないかとしている。また 700mb の気流分布からメソスケールの低気圧性循環の存在のため、その東側ははっきりした風向発散の場になっているので、この高度 3km 付近の発散が下層の収束を引起し、下層の正渦度を集積して、これが渦エコーを生じさせたとも考えられ、渦エコーの高さが 3km 程度で発散場の高さと同程度であることがその裏付けの一つになるとしている。なお百足・門脇・中村(1974)も関東地方の平野部に降雪をもたらしたエコーについて調査しているが、本例とともにこの種のエコーは 500mb 天気図でみた場合、寒冷渦の南東側で、強風帯の北側に発生しているようである。

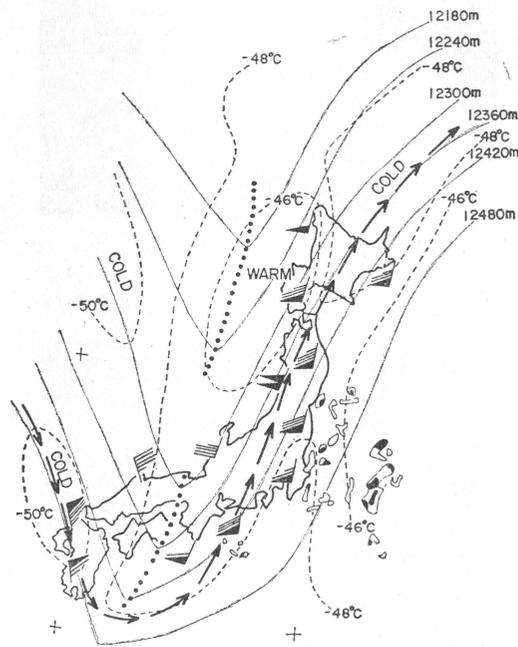
5.6.2 対流性エコーの集団

1967年7月15日から16日にかけて樺太付近の低気圧から南々西にのびる寒冷前線が本州を通過し東海上に抜けた後、本州は大きな低圧部の中に入った。17日にはさらに別の寒冷前線が本州を通過したが、その寒冷前線の通過時には酒田付近から高田、富山、舞鶴、四国中部にかけて非常に強い対流性エコー群が線状に発生した。その後18日も本州は 500mb 面でみて気圧の谷の前面にあり、09時には本州の東海上に対流性エコーが散在するだけであったが、午後からは第45図に示すように広範囲に非常に強い対流性エコー群が発生した。

中山(1971)は、寒冷渦内の気圧の谷の中およびその東側は対流雲の発達しやすい場であるが、上層で対流雲の発達する場であっても、下層の条件が満たされていないと対流雲は発達しないと述べ、その例として7月18日の場合を上げている。それによれば、09時には 200mb 面の天気図とレーダーエコー(第46図)から、ジェット気流の東側で積乱雲が発達していたが、日中になって気



第45図 1967年7月18日14時57分、PPI、レンジマーク100km ごと、アンテナ仰角 -0.9°。対流性エコーは陸上では a, b, c, d, e, f, g, j, 海上では h, i, k, l, m, n でほとんどすべて強度 VS でエコー頂高度は12~13km である。



200mb
180000Z July 1967

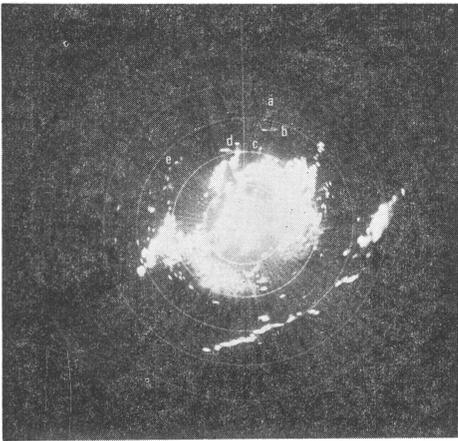
第46図 1967年7月18日09時 200mb 天気図とレーダーエコー(中山, 1968)

この時間には谷の中心近くでは対流活動は弱かったが、午後には急速に発達している。実線は等高線、破線は等温線、太い矢印はジェット軸を示す。

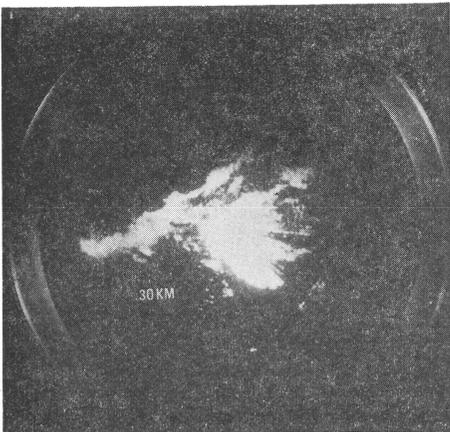
層が不安定になると、谷の東側で対流が急激に発達して関東・中部地方で大雷雨が発生した。

5.6.3 日本海側のしゅう雨のエコーと関東地方の寒気の南下に伴う雷雨のエコー

1970年11月5日日本海には寒冷渦があって、500 mb 高度で本州は気圧の谷の前面にあり、日本海側にはしゅう雨があって、本州は全般に天気は良くなかった。6日にも日本海側は雷を伴うしゅう雨があったが、関東地方では午前中は晴天(第47図)であった。この日東京では15時頃から18時、および20時30分頃から23時にかけて落雷を伴う強い二群の雷雨に見舞われた。第48図には第1



第47図 1970年11月6日08時48分, PPI, レンジマーク 100km ごと, アンテナ仰角 -1.5° . a, b, …… , e が日本海側の対流性エコー.

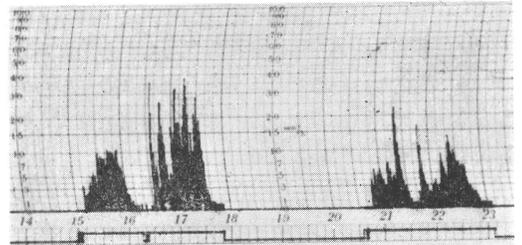


第48図 1970年11月6日15時50分, PPI(東京レーダー)レンジマーク 10km ごと, アンテナ仰角 3.5° . 仰角を上げているのでグラウンドエコーは現われていない.

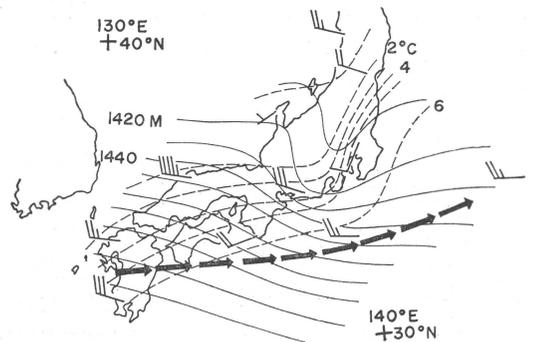
群の雷雨に伴うエコーを示す。東京管区気象台の降雨計の記録(第49図)によれば第1群による降雨は15時00分から17時51分, 第2群による降雨は20時35分から23時08分にあつて、各降雨群は大きくみてさらに二つの降雨群に分かれている。気温は15時10分から急激に下降(45分間に 5°C)し、その後 1°C 程度上下を繰返していたが、21時以後はゆっくり下降に転じている。これら雷雨群のエコー頂高度は最大 6km である。この現象は 300 mb 面の気圧の谷の東側で、ジェット気流の北側およそ 300km のところに発生しており、トロポポーズの高度は館野で09時にはおよそ 8km, 21時にはおよそ 7km であるので、積乱雲の雲頂はこの高度程度まで発達していたと考えられる。第2群の雷雨の通過している21時の850 mb 天気図(第50図)では、東北・関東・中部地方にかけて比較的規模の小さい寒気の南下が認められる。

5.7 北東気流型の悪天時における層状エコーと関東地方の平野部に発生した波状エコー

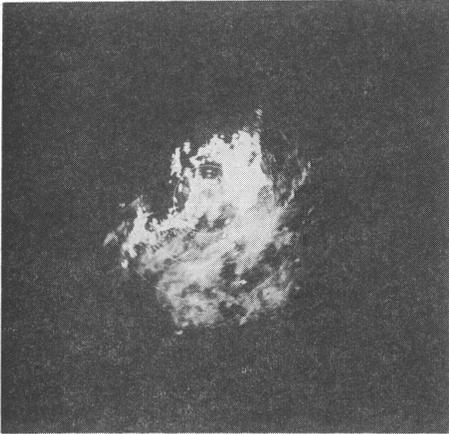
いわゆる関東地方の北東気流に伴う降水のレーダーエコーは一般に非常に弱いが、西方から低気圧が接近する



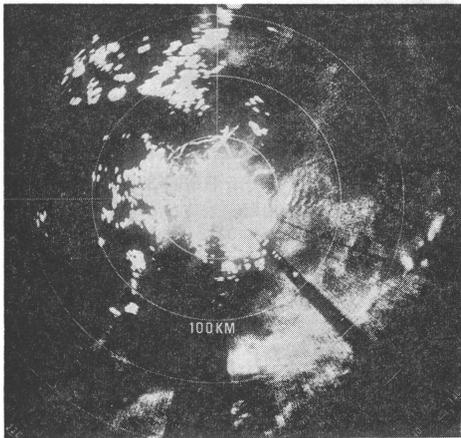
第49図 1970年11月6日14時から23時までの東京管区気象台の降雨計の記録



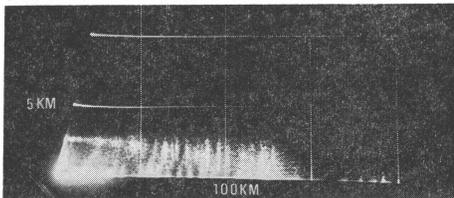
第50図 1970年11月6日21時の 850mb 天気図 実線は等高線, 破線は等温線, 太い矢印は 300 mb 面のジェット軸.



第51図 1973年4月4日09時59分, PPI, レンジマーク 100km ごと, アンテナ仰角 -1.7° シークラッターが非常に弱いので海上のエコーもよく写っている。

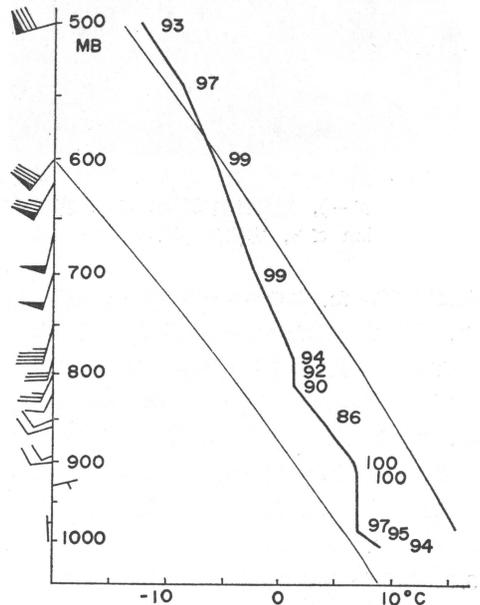


第52図(a) 1973年4月4日10時14分, PPI (東京レーダー), レンジマーク 50km ごと, アンテナ仰角 0.0° 。

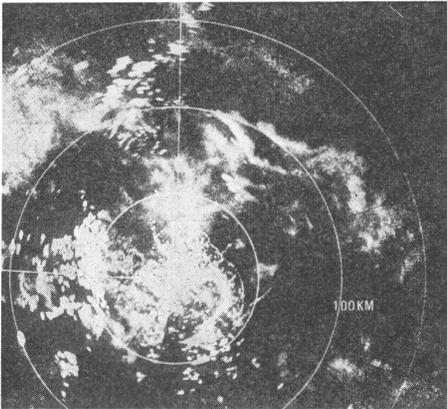


第52図(b) 1973年4月4日10時17分, RHI (東京レーダー), 距離目盛 50km ごと, 高度目盛 5km ごと, 方位角 86° 。

につれて、悪天の度合いが強化され雨も強くなってくると、降水エコーも明瞭になり、関東の平野部に波状に配列したエコーが観測される場合がある。1973年4月4日06時には北日本に中心のあった高気圧はすでに東方海上に去り、三陸沖から本州中部にかけてごく弱い高圧帯としてのび、09時の館野では 900 mb 以下のごく下層だけが東寄りの風となっている。一方本州南海上には西南西から東北東にのびる前線があって、その上を低気圧が東北東に移動している。この時の富士山レーダーによるエコーは第51図に示すような層状エコー（一部対流性エコーを含む）であるが、東京レーダーでは関東の平野部に波状に配列したエコー（第52図(a), (b)) が観測された。第53図には4月4日09時の館野の状態曲線と上層風を示す。これから 910 mb から 990 mb にかけて明瞭な安定層がみられ、900 mb から 930 mb にかけて、風は西寄りから東寄りに急変していることがわかる。方位角 86° の RHI 写真によると、この波状に配列したエコーの間隔はおよそ 6km である。また、1974年7月5日には第54図(a), (b)に示すような波状に配列したエコーが観測された。この時は三陸沖から高圧帯が関東地方にのび、関東地方は前線の前方に位置し、本州の中部は

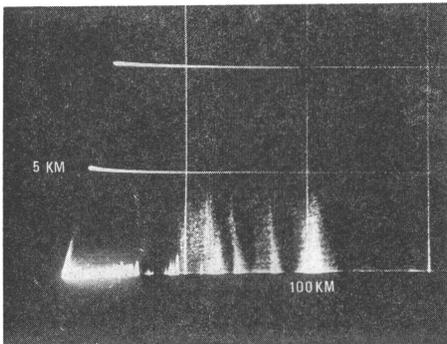


第53図 1973年4月4日09時の館野の状態曲線と上層風
細い実線は湿潤断熱線、状態曲線の横の数字は湿度(%)。



第54図(a) 1974年7月5日15時50分, PPI (東京レーダー), レンジマーク 50km ごと, アンテナ仰角 0.6° .

35° の方向を中心にして距離 60~110km の間に波状のエコーが発達している。

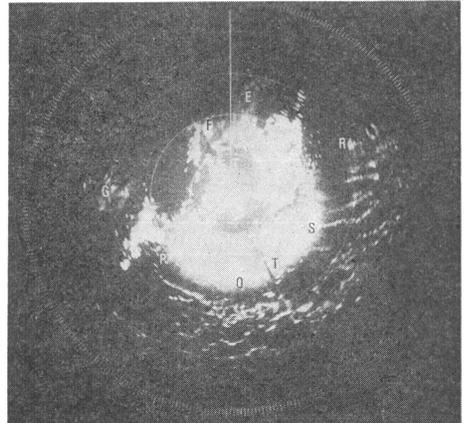


第54図(b) 1974年7月5日15時48分, RHI (東京レーダー), 距離目盛 50km ごと, 高度目盛 5 km ごと, 方位角 40° .

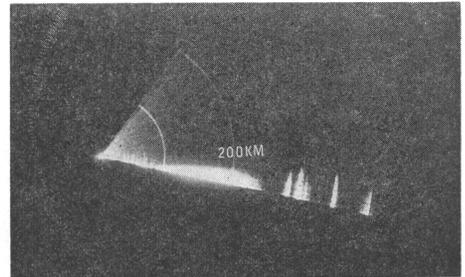
全般に雨であった。このエコーのエコー頂高度は4kmであり、波状に配列したエコーの間隔はおおよそ15kmで前の例よりずっと長い。7月5日21時の館野の高層資料によれば、970 mb から 910 mb にかけて明瞭な安定層があり、これより上層では南西風であるが、この層および下方では北東風となっている。寒気の厚さ、二層間の温度差は前の例とほぼ同じであるが、風速差はおおよそ2倍となっていた。

5.8 冬季季節風時の日本海側の雪エコーと太平洋上の対流性エコー

1971年1月4日21時には地上では本州は大きな低圧部の中にあり、700 mb 面で見ると近畿以東は気圧の谷の前面にあったが、5日21時には気圧の谷は本州東方海上



第55図(a) 1971年1月5日08時38分, PPI, レンジマーク 100km ごと, アンテナ仰角 -1.7° .



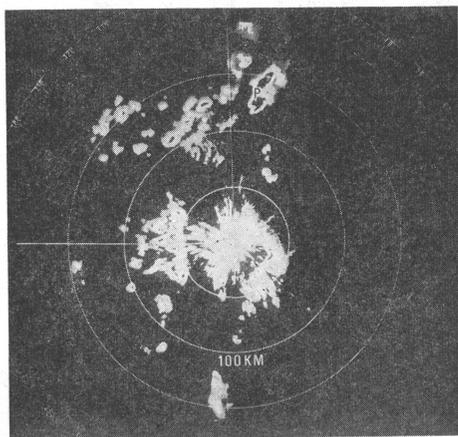
第55図(b) 1971年1月5日08時39分, REI, 距離目盛 100km ごと, 方位角 172.9° .

に抜け、日本海側はしゅう雪となり太平洋側は全般に晴天となった。5日08時38分には第55図(a)に示すように日本海側にはしゅう雪による混合エコー EFG が、本州の東から南の海上にかけては多数の線状に配列した対流性エコー (最強部で強度M~S, エコー頂高度 4km) が出現していた。第55図(b)には方位角 172.9° の鉛直面内のエコー分布を示す。このような冬季季節風卓越時の太平洋上の対流性エコーは通常西側に明瞭な境界をもつが、今の例では境界 RST は 700 mb 面の気圧の谷にはほぼ一致し、08時から18時までのスケッチ観測によるとエコーの境界は、多少の変動はあるが全体として東進している。春日 (1971) がこのエコーセルの5日08時33分~48分の15分間の移動を調べた結果、セルはほぼそれぞれの線状エコーの線の走向に沿って動き、その速度は 850~700 mb の風と良く合っていた。なお PQ より南側の対流性エコーは写真では不明瞭であるが、紀伊半島から若狭湾にかけて連らなっている。

5.9 太平洋高気圧縁辺の組織化された雷雨のエコー
 1974年7月28日から8月1日にかけて連日富士山レーダーでは本州の各所に強い対流性エコー群を観測した。7月28日から30日にかけては、はじめ日本海中部に低気圧があり、この低気圧は朝鮮南端を通り華中へのびる前線、および東へのび北日本を横切る前線を伴っており、本州は大太平洋高気圧の縁辺にあった。高度 500 mb では全般に南西風が卓越しており、本州中部から関東にかけては周囲より気温がやや低くなっていた。日本海中部の低気圧が北東に移動するにつれ、南西へのびる寒冷前線は南の部分次第に不明瞭になり、7月31日から8月2

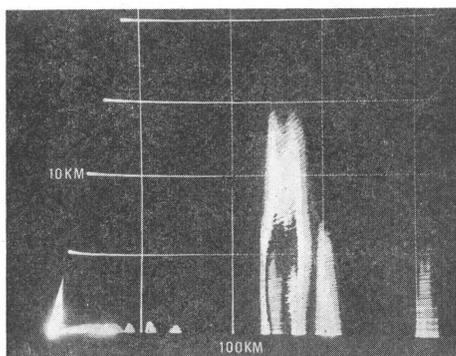
日にかけて、この寒冷前線の南端が北日本を通過した後、太平洋高気圧が本州の南西から張出してきて、500 mb 高度では中国地方以東で北西風となり、規模の大きい強い対流性エコー群の活動は弱まった。この期間に東京レーダーでも中部、関東、東北地方南部の広範囲に午後から夜間にかけて非常に強い対流性エコー群を観測している。第56図(a)、(b)は非常に強い対流性エコーのグレースケール表示装置による PPI および RHI 写真である。エコーは外側から強度 W (灰色)、M (白)、S (黒)、VS (第2灰色)の領域を示している。

第57図(a)、(b)にはほぼ同時刻に撮影されたグレイ

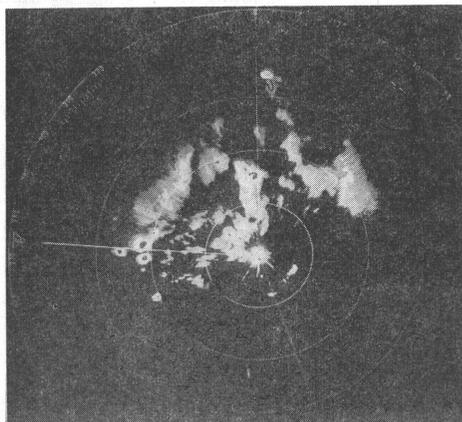


第56図(a) 1974年7月29日20時34分, PPI (東京レーダー), レンジマーク 50km ごと, アンテナ仰角 0.5°.

エコーP以外のエコーは大部分グランドエコーであるが降水エコーと区別しにくい。エコーPの RHI 写真が第56図(b)である。

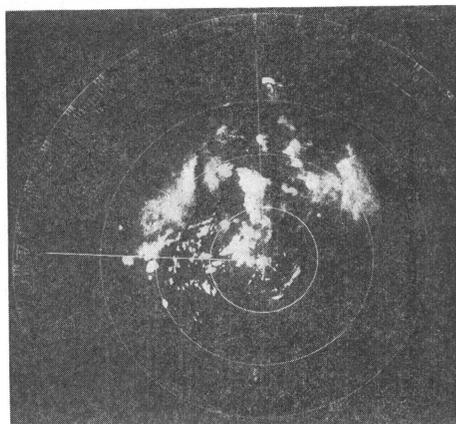


第56図(b) 1974年7月29日20時17分, RHI (東京レーダー), 距離目盛 50km ごと, 高度目盛 5 km ごと, 方位角 12°.

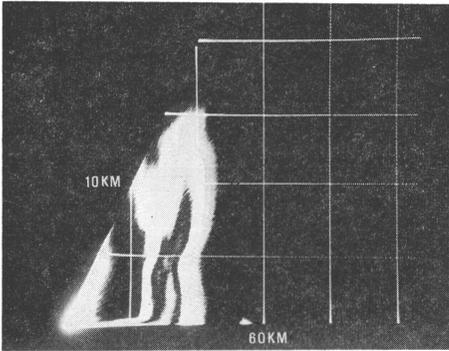


第57図(a) 1974年7月31日18時51分, PPI (東京レーダー), レンジマーク 50km ごと, アンテナ仰角 1.5°.

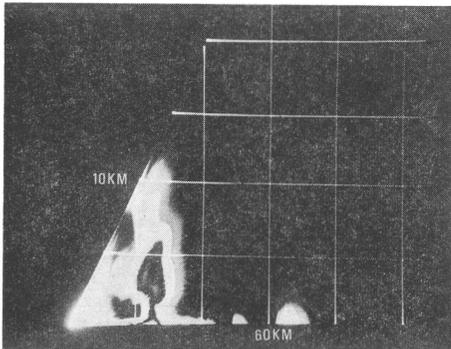
エコーはほとんど降水によるエコーである。



第57図(b) 1974年7月31日18時52分, PPI (東京レーダー), レンジマーク 50km ごと, アンテナ仰角 1.5°.



第58図 1974年8月1日19時17分, RHI (東京レーダー), 距離目盛 20km ごと, 高度目盛 5km ごと, 方位角 55°.



第59図 1974年8月1日19時19分, RHI (東京レーダー), 距離目盛 20km ごと, 高度目盛 5km ごと, 方位角 30°.

ースケール表示装置を用いたエコーと用いない場合のエコーを示す。グレースケール表示装置を用いた降水エコーの写真では、エコーの強度分布がすぐわかるが、降水エコーとグラウンドエコーの区別がつけにくい(第56図(a)参照)。しかし東京レーダーではアンテナ高度角を 1.5° 程度に上げるとグラウンドエコーはほとんど消えるので、雷雨のエコーのようにエコー頂高度が高いエコーでは利用価値が高い。なお第58, 59図には興味ある鉛直構造をもったエコーを示す。

謝 辞

本文の作成にあたって気象庁電子計算室立平良三予報官には有益な御助言を賜り、また東京管区气象台宮坂達巳技術課長、田中源造主任技術専門官には本文の作成に御理解をいただき厚く御礼申し上げます。

文 献

- 青木 孝, 1973: 1972年7月11日~12日の神奈川県および静岡県での集中豪雨—著しく細長い降雨帯とその北側の乾燥域について—, 研究時報, 25, 315-319.
- 福岡管区气象台, 1973: 種子島レーダーエコーの観測ノート. 技術解説資料(4), 85 pp.
- 福島辰次, 1966: 富士山レーダーによるエコー出現分布. 研究時報, 18, 249-252.
- Kadowaki, S., H. Kiriu and S. Nogiwa, 1968: Radar observation of typhoon Opal (6722) by Mt. Fuji weather radar. Proc. 13th Conf. on Radar Met., 92-93.
- 門脇俊一郎, 1969: 最近のレーダー観測から(7)台風6807号のエコー. 東管技術ニュース, No. 8.
- 春日 信, 1968: 寒冷前線に先行する顕著な線状エコーの解析. 東京管区地方気象研究会誌, No. 1.
- , 1971: 最近のレーダー観測から(17)—冬期季節風時の太平洋上のエコー. 東管技術ニュース, No. 18.
- 気象庁, 1965: 気象要覧. No. 792, 10-12.
- , 1966: レーダーエコー写真集. 気象庁技術報告第52号, 105 pp.
- , 1968: 雷雨10年報. 自昭和29年至昭和38年.
- , 1968: レーダー気象観測指針.
- 気象庁, 1971: 日本気候図(第1集) 地人書館.
- , 1974: 地方レーダー気象文献のまとめ. 気象庁図書月報, 19, 特別号(2), 46-47.
- 気象庁予報部, 1967: 予報作業指針その10レーダー資料の予報への利用. 154 pp.
- 小平信彦, 立平良三, 1972: 気象レーダー特集号. 気象研究ノート, 112, 247-417.
- 牧野義久, 榎間道夫, 1973: 富士山レーダーで観測された線状エコーの統計的調査. 天気, 20, 29-38.
- 百足虎治, 門脇俊一郎, 中村 勝, 1974: 関東地方の平野部における降雪現象の一検討(1974年2月26~27日の場合). 昭和49年度関東・甲信地方予報技術検討会資料.
- 村木彦磨, 1972: 最近のレーダー観測から(25)紀伊半島南東沖に現われたドーナツ状のエコー. 東管技術ニュース, No. 26.
- , 1973: 大きな収束を伴った寒冷前線. 天気, 20, 345-350.
- , 1974: 最近のレーダー観測から(35)地上の寒冷前線から離れて存在する降水エコー. 東管技術ニュース, No. 37.
- , 1974: 北東気流による関東地方の悪天時の総観気象状況. 研究時報投稿中.
- , 1975: 東京レーダーによる平均エコー量分布とエコー頂高度の地域・季節による特徴. 研究時報投稿中.

- 中山 章, 1968: 総観的立場からみた雲. 気象研究ノート, 96, 129-243.
- , 1969: 温暖前線付近の雲の中規模構造 (I) 一地表層付近の前線面上の積乱雲一. 天気, 16, 218-226.
- 中山 章他, 1971: レーダー情報利用のための手引. 東京管区気象台, 202 pp.
- 西尾厚治, 1963: 月平均エコー量分布について. 研究時報, 15, 448-454.
- 大谷和夫, 1967: レーダー観測の技術, 気象研究ノート, 89, 194-198.
- 札幌管区気象台, 1969: レーダーエコー写真集, 技術時報, 別冊23号, 42 pp.
- 里見 穂, 1973: 最近のレーダー観測から (31) 高層ビルの反射エコー. 東管技術ニュース, No. 33.
- 里見 穂, 田沢秀隆, 1974: レーダーのグレースケール表示について. 東管技術ニュース, No. 38, 21-27.
- 沢田龍吉, 1955: 天気図解析の基礎. 予報研究ノート, 6, 145-256.
- 立平良三, 1967: レーダー解析について. 天気, 14, 1-5.
- , 1970: 最近のレーダー観測から (10) 銚子沖の渦状エコー. 東管技術ニュース, No. 11, 16-17.
- , 1967: レーダーと予報技術. 気象研究ノート, 89, 199-227.
- , 1968: 最近のレーダー観測から (3) 顕著な線状エコー. 東管技術ニュース, No. 4.
- , 1974: 富士山レーダー. 気象研究ノート, 118, 75-87.
- Tatchira, R. and H. Itakura, 1966: Radar observations of typhoon Lucy by Mt. Fuji weather radar. Proc. 12 th Conf. on Radar Met., 432-435.
- 田中, 深津, 1971: 最近のレーダー観測から (21) 熊野灘のうず状エコー. 東管技術ニュース, No. 22.
- 東京管区気象台, 1971: 異常気象調査報告. 昭和46年異常現象調査報告第2号.
- 東京管区気象台他, 1973: 昭和47年度レーダー技術打合せ会資料. 14-18.
- , 1973: 昭和48年度レーダー技術打合せ会資料. 13-18.



英汉气象学词汇

科学出版社 (北京), 1974年, B 6 版, 207頁, 0.95元

中国で発行された気象学用語集. 東京地学協会副会長の保柳睦美先生のご厚意で頂戴したが, 大変便利な本なので紹介をする.

内容の主要部は, わが国の文部省学術用語集の英和の部に相当する英語-中国語の用語集で, 収録語数は約11,000である. もちろん大部分は気象用語であるが, 天

文・海洋・地理・地質・物理・化学・統計学など隣接分野の必要な用語を幅広く取入れてある点が特色である. 付録として, GARP, WWW のような略号表, ギリシ文字, 気象関係の英語の接頭語 (例 aero-, alti-), 度量衡換算表, 周波数, 波長領域区分, 気象要素の単位換算, 気象常数, 標準等圧面高度, 熱帯低気圧分類, 風力・風速階級, 台風・ハリケーンの英語女性名表が掲載されている. 1965年発行の同書の増補修正版で, FGGE, MONEX, AMTEX など新しい用語も収録されている.

編集は, 気象の研究者, 技術者, 大学院学生を対象として親切である. 中国語の気象学の論文を読むには欠かせない小冊子であることはいうまでもないが, 付録は日常の研究や業務に役立つ気のきいたものである.

(河村 武)