

富士山レーダーで観測された線状エコーの統計的調査*

牧野 義久** 櫃間 道夫***

要 旨

富士山レーダーで観測された線状エコー（1385本）について、その走向、存在域、風上端の分布を季節別、エコーの規模別に統計し、これに若干の考察を加えた。主要な結果は次のとおりである。(1) 小型線状エコーの走向の標準偏差は $\sigma=36.7^\circ$ 、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。(4) 大型線状エコーの分布は年平均雨量分布とかなりの類似性を持っており、大型線状エコーが多発するかどうか、その地域の雨量をきめる一つの因子となっていることを示している。

1. はしがき

集中豪雨や大規模な雷雨に伴うレーダーエコーが、一般に線状構造をなすことはよく知られており、そのような線状エコーについての解析的研究は、アメリカ、イギリス、日本などにおいて数多くなされている。そしてその構造および形成機構についていくつかの説が提出されている（たとえば参考文献(1)、(2)、(3)、(4)）が、まだ定

説として確立されたものはない。地域性やエコーの規模などによる差異も当然ある筈である。

富士山レーダーは、その探知範囲の大きさ（有効探知範囲が通常の気象レーダーの約4倍）により、しばしば長さ1,000kmにもおよぶ大規模な線状エコーを観測することがあり（第1図）、また小規模のものも広い視野からとらえることができる。この富士山レーダーによる線状エコーを統計し、これを通じて線状エコーの形成機構を探るひとつの手がかりを得るのが、この調査の目的である。

2. 調査の方法および資料

9時、15時および21時の4年間（1965～68年）のスケッチ図から線状エコーを拾い出した。ただし台風に直接関係するもの（いわゆるスパイラルバンド）は、調査の対象から除いた。

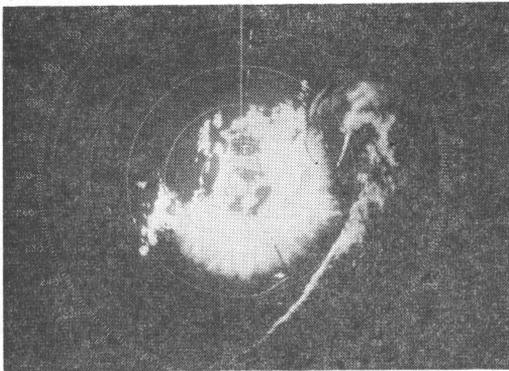
「線状」の定義としては、便宜上長さが平均幅の4倍以上あるものとした。

エコーはその平均幅により、2階級（50km以上および以下）に分類し、各々「大型」「小型」線状エコーとし、またエコーの中心線をもってその線状エコーの位置を表現することにした。

このようにして得られた1385本の線状エコーについて、走向、存在域および風上端を季節別および規模別に分けて統計した。

エコーの分布を表現するには、50km四方のメッシュを用い、前記エコーの中心線の存否によった。

線の走向の表現には、北を0とする36方位における18



第1図 線状エコーの代表例、1968年3月12日、8時19分、富士山レーダー、レンジマーク100km毎、高度角 -1.7° 。

* A Statistical Study of Line Echo as observed by Mt. Fuji Radar.

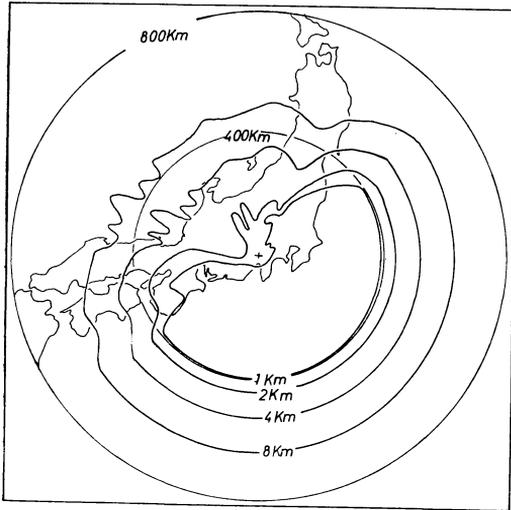
** Y. Makino: 東京管区気象台

*** M. Hitsuma: 新潟地方気象台

—1972年11月6日受理—

第1表 富士山気象レーダーの性能

送信周波数	2,880 MHz (波長10.4cm)
送信出力(ピーク)	1,500 KW
パルス幅	3.5 μS
パルス繰返し周波数	150 HZ
最小受信感度	-112 dBm
ビーム幅(ペンシル)	1.6°
空中線直径	5 m



第2図 富士山レーダーの等ビーム高度図

~36によった。なお富士山レーダーの性能を第1表に示す。

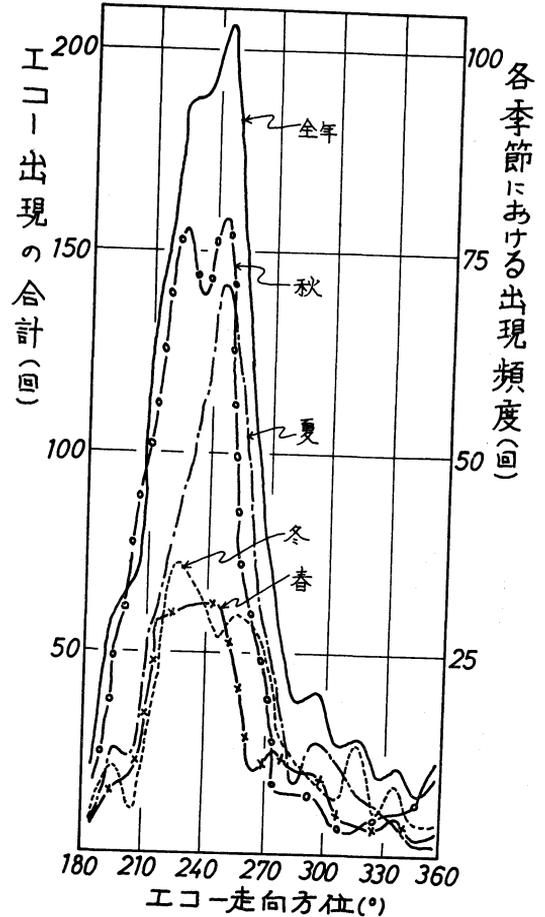
〔図を見る際の注意〕

等ビーム高度図(第2図)に見られるように、たとえばビーム高度4 kmの線は、南方海上で距離約500km、北方内陸部で約300kmにある。すなわちこの線の外側では高度4 km未満のエコーは探知できない。

またレーダー方程式からわかるように、受信電力はレーダーから降水粒子までの距離の2乗に反比例する。さらにビーム充填率など正確に見積りにくい要素も加わって、レーダーのエコー探知能力はある距離以遠では急速に低下するが、各図ではその補正がなされていないことに注意されたい。

3. 線状エコーの走向

4年間全体に現われた線状エコー1385例のうち、82%は小型である。この率は季節別に見ても大体同じであるが、冬季(12. 1. 2月)には若干小型が多く、春季



第3図 定時観測時に観測されたすべての線状エコーの走向方位(図中、—は全年、-×-は春、-・-は夏、-○-は秋、……は冬の曲線を示し、走向は風上側を示す。すなわち270°は270°—90°の走向を示す。

以下第4、5図とも同じ)

(3, 4, 5月)には大型が多くなっている。これは、冬季には季節風の吹き出しによる幅の狭い、長さの短かいものが北陸方面に多数発生するのに対して、春季、特に5, 6月には太平洋上に梅雨前線が停滞することが多く、その前線に沿って巨大な線状エコーが出現するからであろう。

3-1. すべての線状エコーの走向と季節変化

第3図には、大小に関係なくすべての線状エコーを走向別の出現頻度としてグラフに示してある。グラフの右側の数字は季節別の出現頻度を示し、左側の数字は通年

第2表 線状エコーの規模別および季節別の平均方位 m および標準偏差 σ (単位, 度)

幅 m $\cdot\sigma$	幅に関係なし		幅50km以下		幅50km以上	
	m	σ	m	σ	m	σ
全年	247°	35.4°	250°	36.7°	240°	24.9°
春	247°	35.7°	252°	37.8°	235°	24.4°
夏	249°	30.7°	250°	33.4°	248°	22.1°
秋	238°	33.6°	229°	36.1°	229°	20.1°
冬	255°	37.9°	259°	38.2°	244°	27.7°

の合計を示す。

第2表に第3図から計算した線状エコーの平均方位 (m) および標準偏差 (σ) を規模別, 季節別に示してある。春季では平均方位 $m=247^\circ$ で標準偏差 $\sigma=35.7^\circ$ となっており, 一つのなだらかなピークを持っている。夏季になるとピークはやや尖鋭となり, 平均方位, 標準偏差は各々 $m=249^\circ, \sigma=30.7^\circ$ である。そして秋季には尖鋭な2つのピークが現われ, $m=238^\circ, \sigma=33.6^\circ$ となり, 冬季には第3図に見られるように $220^\circ\sim 270^\circ$ の間でほとんど平坦ではあるが, 2つのピークが認められる。そして平均方位 $m=255^\circ$ で $\sigma=37.9^\circ$ となり, 他の季節に比べて一番大きな σ の値を持っている。

以上のことを集約すると, 季節が進むごとにピークの状態が連続的に変化していることがわかる。すなわち冬季には出現頻度の変化が比較的平坦で, しかも2つのピークをもつ。それが春季になると1つのなだらかなピークとなり, 夏季には1つの尖鋭なピークに変る。そして秋季には夏季の1つであったピークが2つの尖鋭なピークに分かれ, それからまた尖鋭な2つのピークがくずれて, なだらかな2つのピークをもつ冬季の曲線へと移行するというサイクルを形成する。しかしこのような変化の原因については, まだ調査していない。

3-2. 小型線状エコーの走向と季節変化。

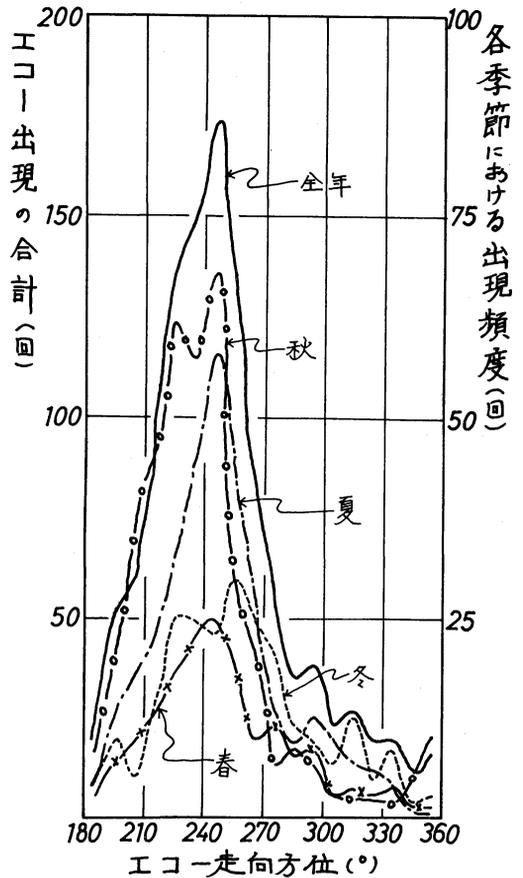
第4図に小型線状エコーの走向を, 季節別およびその合計とわけて示す。その特徴は次のとおりである。

(i) 冬季 (12. 1. 2月)

第4図に見られるように2つの出現頻度の大きい方位がでる。

冬季福井の東尋坊レーダーで観測された結果⁽⁶⁾によれば, 冬季の吹き出しによる線状エコー (高さは4 km 以下であろう) の走向は, 4 km 以下の平均風に平行なものと, 垂直に近いものの2つに分けられるが, グラフに出てきた2つのピークはこれに対応するものと思われる。

1973年1月



第4図 幅50km 以下の線状エコーの走向 (記号は第3図と同じ)

る。

この季節の平均方位 および 標準偏差 は, 各々 $m=259^\circ, \sigma=38.2^\circ$ となり, グラフの変化は非常にゆるやかである。

(ii) 春季 (3. 4. 5月)

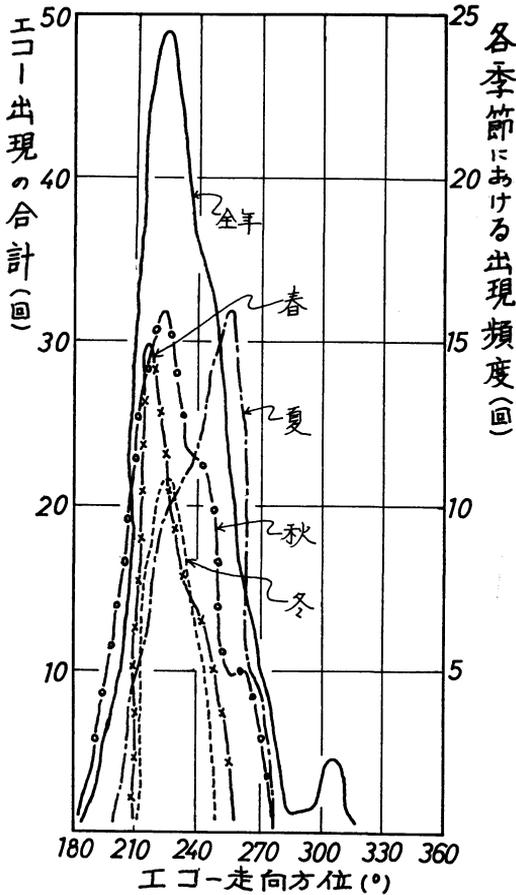
一応 $230^\circ\sim 240^\circ$ に出現頻度が大きいピークをもっているが, あまり尖鋭なピークではなく, 平均方位 $m=252^\circ$ で $\sigma=37.8^\circ$ となりグラフの変化はゆるやかである。

(iii) 夏季 (6. 7. 8月)

ピークは $240^\circ\sim 250^\circ$ になり春に比べてかなり尖鋭である。そして標準偏差も, $\sigma=33.4^\circ$ となり, 四季のうちでもっとも小さい。

(iv) 秋季 (9. 10. 11月)

ピークは $220^\circ\sim 230^\circ, 240^\circ\sim 250^\circ$ と2カ所に現われ



第5図 幅50km以上の線状エコーの走向（記号は第3図と同じ）

るが、2つのピーク値の差はあまり大きくなく、 $220^{\circ} \sim 250^{\circ}$ の範囲ではほぼ平坦な曲線と考えて差し支えない。この季節の平均方位は $m=229^{\circ}$ で、標準偏差は $\sigma=36.1^{\circ}$ である。この季節には一番多く線状エコーが出現している。

3-3. 大型線状エコーの走向と季節変化。

第5図に大型線状エコーの走向の頻度分布を示す。小型線状エコーの場合には夏を除く他の季節で出現頻度の大きな走向方位は、かなりの幅をもっていたのに反して、大型線状エコーでは各季節を通じて尖鋭なピークを持っているのが特徴である。標準偏差を比較しても上記のことがはっきりわかる。すなわち小型線状エコー全体では平均走向 $m=250^{\circ}$ で標準偏差 $\sigma=36.7^{\circ}$ であるのに対して、大型線状エコーの場合には、各々 $m=240^{\circ}$ 、 $\sigma=24.9^{\circ}$ となり、分布曲線は尖鋭である。

(i) 春季 (3. 4. 5月)

220° に非常に尖鋭なピークを持ち、線状エコーの走向方位が $210^{\circ} \sim 250^{\circ}$ の間に入るエコーは80%である。一方走向方位の平均は $m=235^{\circ}$ となり、ピーク（最多出現方位）との差は 15° に達している。これは分布曲線が図に見られるように、大きな非対称性を持つためと思われる。このような場合には、平均方位より最多出現方位で議論する方が合理的であろう。

この季節における大型線状エコーは、南海上にあることが多い。

(ii) 夏季 (6. 7. 8月)

線状エコーの走向方位は $250^{\circ} \sim 260^{\circ}$ で出現頻度の最大値をもち、エコーは東西に寝るようになる。

(iii) 秋季 (9. 10. 11月)

$220^{\circ} \sim 230^{\circ}$ の走向が卓越しており、70%が $210^{\circ} \sim 250^{\circ}$ の間に入っている。また平均方位は $m=229^{\circ}$ で標準偏差 $\sigma=20.1^{\circ}$ となり規模別、季節別の中で一番グラフは尖鋭なピークを持っている。この季節には大型線状エコーが一番多く発生している。

(iv) 冬季 (12. 1. 2月)

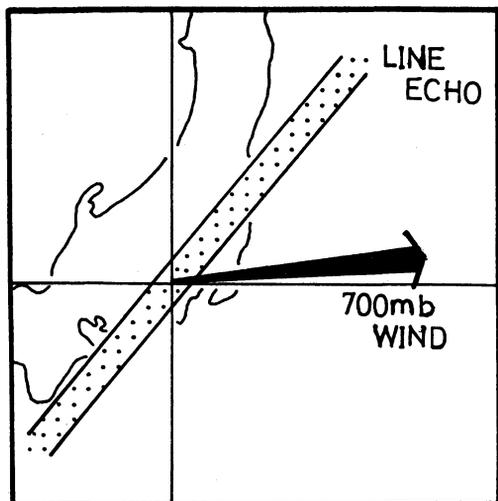
小型の場合には線状エコーの走向分布は2つのピークをもち、分布状態も非常に幅のひろいものとなっていたが、大型では第5図からもわかるように、 $210^{\circ} \sim 240^{\circ}$ の走向をもつ線状エコーが70%あり、そのピークは 225° 付近である。また標準偏差で見ても $\sigma=27.7^{\circ}$ と小型に比べ小さな値である。

平均方位は $m=244^{\circ}$ で最多出現方位との差は、 19° に達し、四季のうちでもっとも大きい。

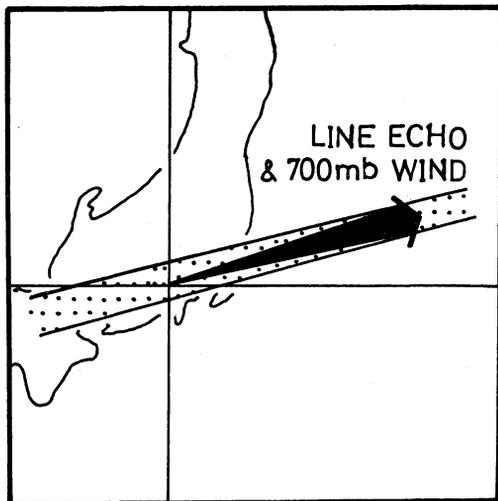
第2表の σ の値からわかるように、大型線状エコーの走向にはかなりの規則性があるが、これは大型線状エコーの走向が対流圏中層風 ($600 \sim 700\text{mb}$) の風向と密接な関係を持つことに起因するものであろう⁵⁾。これに対し小型の場合には対流圏中下層の風に垂直に近いものが時々現われるので⁶⁾、走向の分布もある程度幅をもってくるものと思われる。

上の推論を確かめるために、この調査でも1965~68年の4年間の700mbの平均風向と大型線状エコーの最多出現走向とを対応させて見た。その結果を第6図の1~4に示す。使用したデータは、館野での高層観測資料で、9時の月平均風向を使用した。

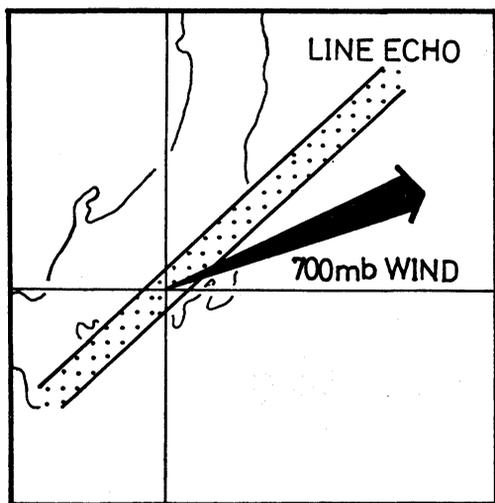
第6図からわかるように、風向とエコー走向が一致しているのは夏だけで、その他の季節では風向が走向に比べ東西に寝ている。しかし線状エコーのような降水現象



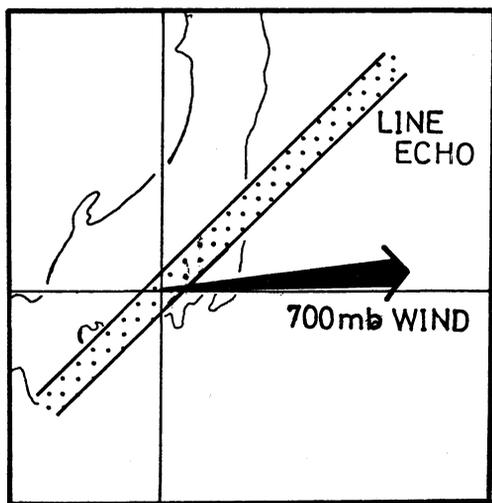
第6-1図, 春



第6-2図, 夏



第6-3図, 秋



第6-4図, 冬

第6図 大型線状エコーの最多出現走向と700mb風向との対応図

を伴う場合には、高層風に南成分が入ってくる場合が多いと思われるので、月平均風向を使用せず線状エコーが存在している時の風向と対応させれば、状況はやや変わってこよう。試みに本調査期間中の秋（9～11月）だけ、大型線状エコーが存在している時の700mb風向の算術平均をとると、その平均風向は 224° となる。この算術平均風向は前述した700mb風の平均風向より 21° と、立っている。この 21° の補正値を秋の場合に加えると、線状エコーの走向と上層風向はほぼ一致することに

なろう。他の季節にも同程度の補正値が適用できるとすれば、夏はむしろ風向の方が線状エコーより南分が多くなり、立ってくる。

線状エコーを構成するエコー要素の動きは、対流圏中層風向と相関がよいことが知られている。ここで線状エコーの移動速度を慣例によって走向に垂直に定義すれば、それはエコー要素の移動ベクトルの垂直成分（線状エコーに対して）と考えてよいので、夏の場合には線状エコーは北上することが期待される。

冬季と春季の場合は、高層風の平均値を線状エコーの出現時に限ったとしても、第6図に見られるような大きな角度差が解消するとは考えられず、線状エコーの走向が700mb風に対して立っているという傾向は残ろう。したがって線状エコーは南東進するものが多いものと思われる。実際線状エコーの移動方向が、上述のような季節変化をするかどうかは、今後の調査課題としたい。

4. 大型線状エコーの存在域分布

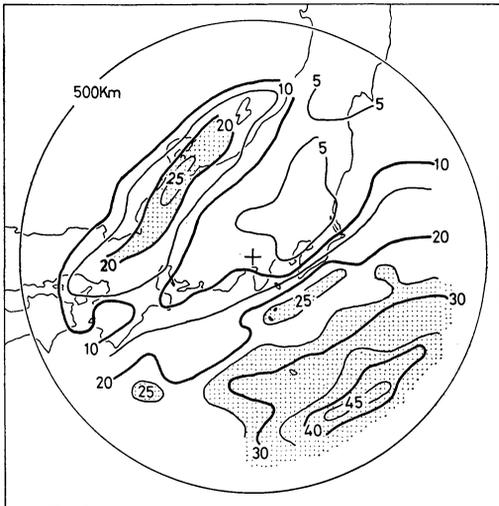
幅50km 以上および幅は50km 以下でも長さが500km 以上ある線状エコーについて、季節別に存在域を統計した。この統計には50km 四方のメッシュを用い、線状エコーの一部がそのメッシュを1/2以上占めていることを条件としている。

この調査では小型線状エコーについては、存在域の分布は計算しなかった。その代り小型線状エコーについては、第5節でその風上端の分布が示される。小型線状エコーの場合は、一般に長さが短かいので風上端の分布と存在域の分布の間に大きな差はないものと思われる。

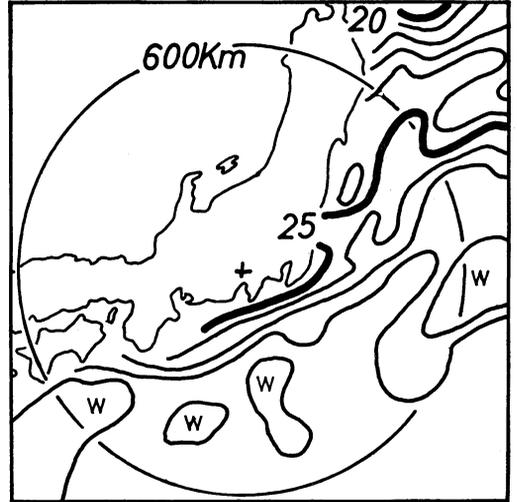
4-1. 全期間の大型線状エコーの存在域分布。

第7図にその分布図を示す。数字は存在頻度(回)を表わしている。

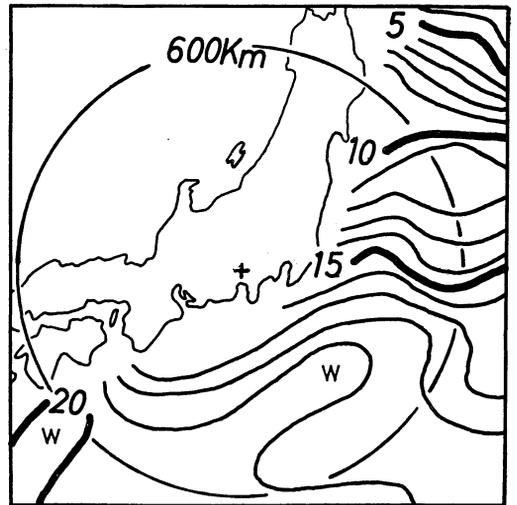
図からわかるように大勢として、内陸部では大型線状エコーが出現することが少ない。この原因として地形の影響とか、線状エコーを持続させるための水分の補給がないためとか、いろいろ理由に考えられるが、まだ明らかにされていない。ともかくこれは大きな特徴である。



第7図 大型線状エコーの存在域分布(4年間全体、数字は出現回数)。



第8-1図 1967年8月21日~31日

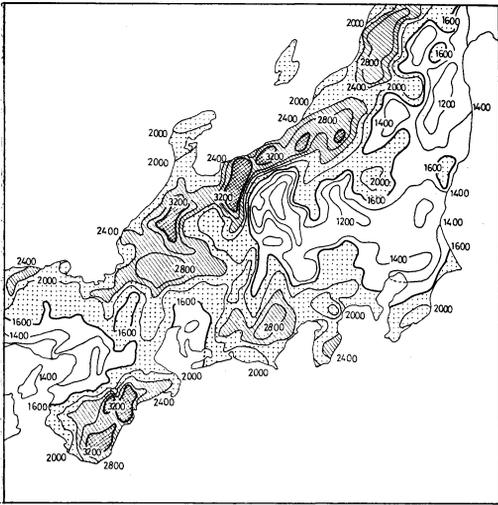


第8-2図, 1966年2月11日~20日

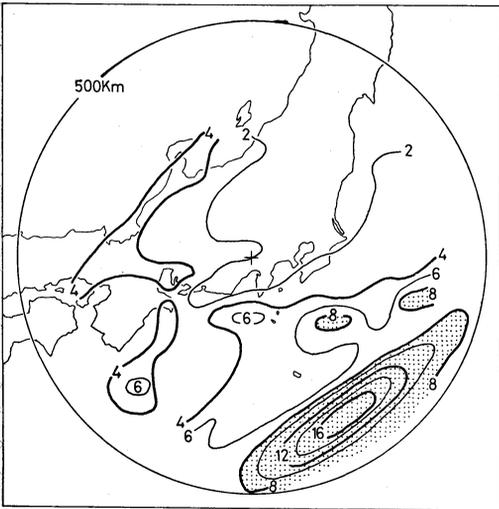
第8図 夏および冬における代表的海面温度分布。(夏は比較的温度分布は平均しているが、冬には遠州灘付近に冷水域がある)。

一方、多発域は大勢として2本の帯状になって分布している。南海上のものについては、その付近で線状エコーに水蒸気の補給が多いのではないかと、あるいは下層からの加熱で不安定になっているのではないかとという考えのもとに、海水面温度分布との対応を試みた。

使用した資料は、気象庁海洋課作成の旬別平均海面温度分布図である。第8図に夏および冬における海面温度



第9図 年平均雨量分布。(1971年版日本気候図から。単位はmm)。



第10図 大型線状エコーの存在域分布(春)

分布の代表的な分布図を示す。春、秋は冬のものにパターンが似ているので省略した。また4年間の旬平均温度分布図を調べたが、パターン自体は第8図と大差がない。

各季節とも日本南岸から300km付近の沖合に温暖域があり、それに対応して存在域分布の密な地域が現われている。そして遠州灘に冷水域があり、その地域では存在頻度が疎になっている。

線状エコーに伴って強い雨がもたらされることは、

1973年1月

しばしば観測されているので、第7図のような明瞭な存在域の分布は、当然雨量分布に反映してくるはずである。

第9図に30年平均の全年雨量分布を示す。この図と第7図の間にはかなりの類似が認められる。たとえば房総半島から静岡県にかけての多雨域は、第7図と対照してみると必ずしも地形の影響によるものではなく、南海上に多発する大型線状エコーの影響も含まれていることを示している。また富山湾から大阪湾に伸びる線状エコーの多発域も多雨域とかなり良く一致している。しかし紀伊半島南部では、対応はよくなく、この地方の雨が地形に大きく影響されていることを示している。

4-2. 春季(3. 4. 5月)における大型線状エコーの存在域分布

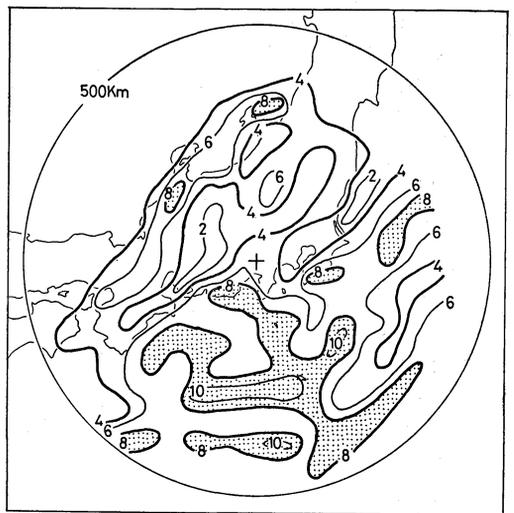
第10図に春季における大型線状エコーの存在域分布を示す。

富士山南東400km海上での線状エコーの出現回数は、他の季節より多く、その付近における出現頻度の傾度は非常に大きい。これは梅雨前線に伴なう雨域が停滞しやすい地域を示すものとして興味がある。

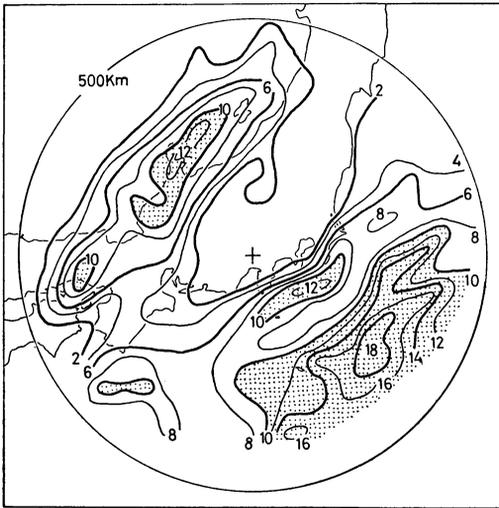
4-3. 夏季(6. 7. 8月)における大型線状エコーの存在域分布

第11図にこの季節における大型線状エコーの存在域分布を示す。

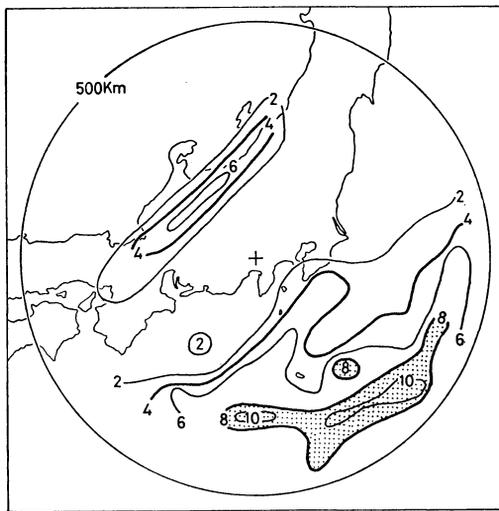
他の季節のものと比較して非常に複雑であり、顕著な疎密域は見られない。他の季節に見られる南東400km海上の多発域もなく、それに反して内陸部には比較的多



第11図 大型線状エコーの存在域分布(夏)



第12図 大型線状エコーの存在域分布 (秋)



第13図 大型線状エコーの存在域分布 (冬)

く現われているのが特徴である。

4-4. 秋季 (9. 10. 11月) における大型線状エコーの存在域分布。

第12図に秋季における大型線状エコーの存在域分布を示す。この季節には瀬戸内海から北陸にかけての大型線状エコーの多発域が、他の季節よりも一層はっきりしている。

また房総半島南岸から富士山南東 400km にかけて、大体平均して存在域があり、房総半島上に他の季節より

ずっと顕著な傾度の大きい地域がある。傾度の大きい房総半島中央を境にして、内陸部にはほとんど大型線状エコーは存在していない。

4-5. 冬季 (12. 1. 2月) における大型線状エコーの存在域分布

第13図に冬季における大型線状エコーの存在域分布を示す。この季節には大阪から北陸方面にかけて帯状多発域があるが、これは日本海側の降雪をひとまとめにとらえたものと思われる。また東海地方南方 200km 付近に比較的存在域分布の傾度の大きいところがある。しかし概して冬には大型線状エコーの総数は少ない。

5. 小型線状エコーの風上端分布

線状エコーは必ずしも一様な構造をもたず、セル構造を示すことが多い。このセルの行動を調べると、線状エコーの風上端で新しく発生し、次第に風下に移り風下端で消滅するという経過をとることが非常に多い。ここで風上端、風下端という言葉を使ったのは、前述のように線状エコーが上層風向に近い走向を持つことが多いからである。このことから立平・深津⁸⁾は、持続的なエコーセルの生成源を想定し、ここで次々に発生したセルが発達しながら風下へ移ることによって線状エコーが形成されるという機構を考えた。これまでの解析によれば、この生成源は通常不安定気層中にあり、寒冷前線やメソスケールの低気圧に伴うことが多かった⁷⁾。また一旦発生したセルが持続しながら移動する機構については、Newton⁹⁾の提出したものがある。これらの他にも線状エコーの形成機構については、重力波的な取扱い¹⁰⁾、あるいは上層風の鉛直プロヒールの曲率効果などが考察されている⁹⁾、まだ定説化されていない。

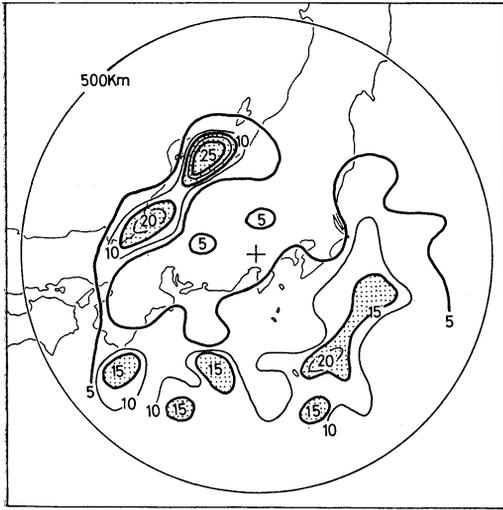
以上のことから、風上端分布を調べることは、線状エコーのセルの発生点がどのように分布しているかをさぐる手がかりとなり、またエコーセル発生のメカニズムの考察にも役立つものと思われる。

対象を小型線状エコーに限ったのは、大型線状エコーの場合にはエコー端がレーダー設置点から遠くなり、そのエコー端が真の端なのか、それとも見かけ上の端なのか判別できないことが多いためである。

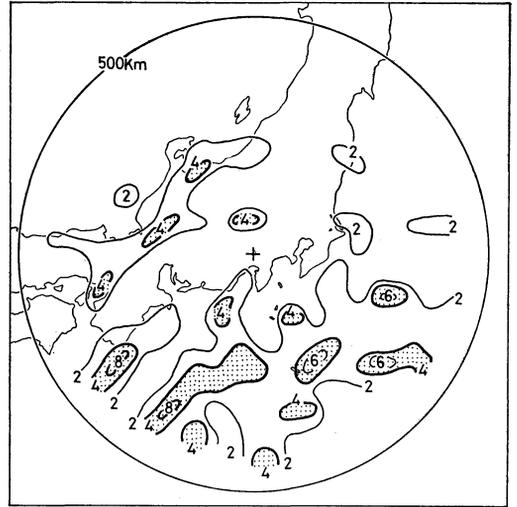
5-1. 全期間の小型線状エコーの風上端分布。

第14図に全期間の風上端分布を示す。大型線状エコーの存在域分布と同様に、小型線状エコーの風上端分布においても内陸部では少ない。一番顕著な地域は北陸方面であり、主として冬季に頻発している。

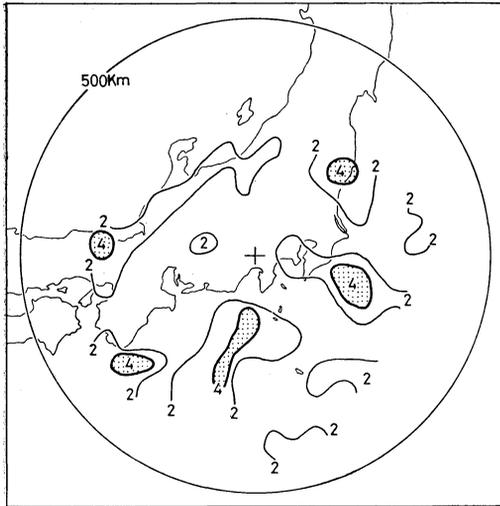
富士山の南 250km 付近の海上では、団塊状の濃密域



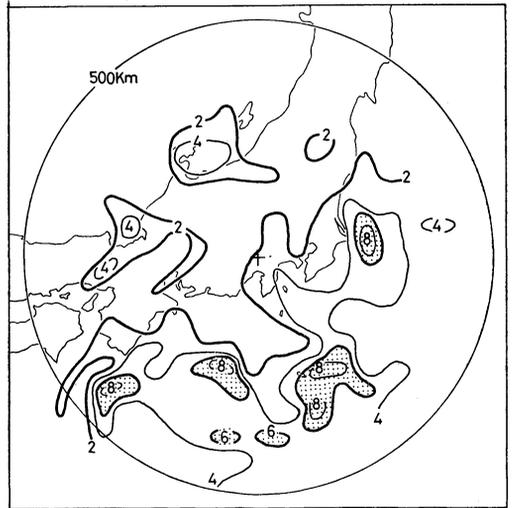
第14図 小型線状エコーの風上端分布(4年間全体、数字は出現回数)



第16図 小型線状エコーの風上端分布(夏)



第15図 小型線状エコーの風上端分布(春)



第17図 小型線状エコーの風上端分布(秋)

が東西に並んでいる。そしてこの濃密域は大別して3つのブロックに分かれており、その間隔は大体 210~240 km である。八丈島東方の多発域は特に顕著で、各季節を通じて発生している。前節に示したと同様に遠州灘南に稀薄域があり、その付近の出現頻度の傾度は大きくなっている。

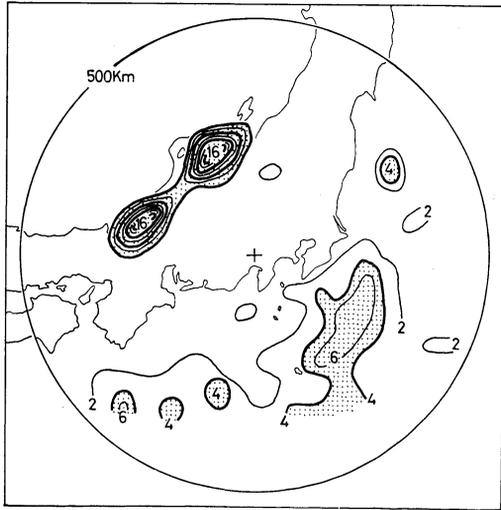
風上端は前節の存在域分布以上に海面温度分布と対応がよく(第8図参照)、エコー生成源が海面温度と密接

な関係を持つことを示している。しかし濃密域が上述のように 200 km おきのブロックに分れる理由は説明できない。

また若狭湾、富山湾、熊野灘南方付近に線状エコーの風上端が集中している。これはエコーセルの生成が地形的影響をうけることを暗示している。

5-2. 春季(3. 4. 5月)における小型線状エコーの風上端分布

第15図に春季における風上端分布を示す。この季節で



第18図 小型線状エコーの風上端分布 (冬)

の小型線状エコーの発生は、他のどの季節よりも少ない。八丈島の東にある線状エコー風上端は、他の季節に比べこの季節だけ非常に少ない。そのかわり前節第10図に見られるように、大型線状エコーが多く存在している。

5-3. 夏季 (6. 7. 8月) における小型線状エコーの風上端分布。

夏季の風上端分布を第16図に示す。前節の大型線状エコーの存在域分布と同様に複雑な形態を示している。

5-4. 秋季 (9. 10. 11月) における小型線状エコーの風上端分布。

秋季における風上端分布を第17図に示す。

太平洋上には大体平均して風上端分布があり、富士山の南 250km 付近には東西に伸びる団塊状の濃密域がある。そして房総半島東の地域には他の季節に比べてもっとも大きい風上端の存在域がある。

5-5. 冬季 (12. 1. 2月) における小型線状エコーの風上端分布。

冬季における風上端分布を第18図に示す。この季節では出現する線状エコーのうち、87%は幅が50km 以下のエコーであり、そのうちの大部分が北陸方面に集中している。

図のように、風上端分布の密な地域が、若狭湾と富山湾にある。しかし第2図に示した等ビーム高度図からわかるように、北陸方面ではある程度背が高いエコーでないと探知できないが、冬季この地方に出現するエコーは一般に背が低い。このため第18図には現われていない

が、日本海上にも風上端があるものと思われる。これら北陸方面のエコーは、季節風の吹き出しによる幅の狭い線状エコーである。

一方潮岬の南に各季節を通じてあった風上端の出現頻度の大きな地域は、この季節にはやや南下している。さらに風上端の密な地域が富士山南東海上に集中し、富士山を中心として 200km の円内には、ほとんど小型線状エコーの風上端が存在しない。第18図は同時期の大型線状エコーの存在域分布 (第13図) とよく似ている。

6. むすび

気象学的に重要な現象と目される線状構造のレーダーエコーについて、その生成機構解明のための一助として、富士山レーダーによる統計的調査を行なった。線状エコーの規模別 (2段階)、季節別 (3カ月毎) という大ざっぱな統計ながら、中部日本における大体的特徴はつかめたものと思う。今後の課題としては、今回の調査で得られた結果をもとに、線状エコーの生成、発達的气象条件について、引続き調査したい。終りに、始終ご指導くださった気象庁予報部、立平博士に厚くお礼を申し上げます。

文 献

- 1) Tepper, M (1950): A proposed mechanism of squall lines: the pressure jump line. J. Meteor., 7.
- 2) Newton, C.W. (1950): Structure and mechanism of the prefrontal squall line. J. Meteor., 7.
- 3) 立平良三・深津 林 (1963): 寒冷前線のレーダーおよびメソ解析。気象集誌, 41.
- 4) Matsumoto, S. and K. Ninomiya (1965): Mesoscale disturbance observed in the vicinity of a cold vortex center. Pap. in Meteor. and Geophys., 16.
- 5) Tatehira R. (1966): Some features of huge radar rainbands as observed by Mt. Fuji radar. Proc. Twelfth Weather Radar Conf., 426-531.
- 6) 立平良三 (1968): 雪エコーの発生と移動, 北陸豪雪調査報告 (気象庁技術報告第66号)。
- 7) 立平良三 (1971): 带状エコーの生成・維持に必要な総観場の条件。研究時報, 23, 341-355.
- 8) Newton, C.W and H.R. Newton (1959): Dynamical interaction between large convective cloud and environment with vertical shear. J. Met., 16, 483-496.
- 9) Kuettner, J. (1959): The band structure of the atmosphere. Tellus, 11, 267-294.