

海風によるエンゼルエコー*

春 日 信**

要旨： 仙台の気象レーダーで、海岸線に発生し、内陸へ移動する線状のエンゼルエコーを観測した。この発生原因は、あきらかに海風前線によるものであり、これについて考察した。

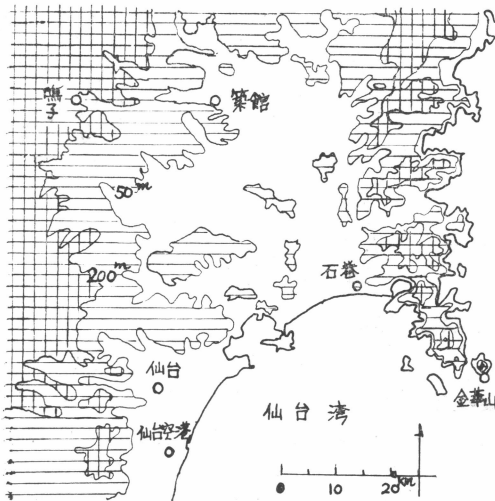
1. はし が き

1963年の9月と10月の晴れた穏やかな日の午後、仙台のレーダー*で、宮城県海岸沿いから少し内陸に、細い線エコーが観測された。このエコーは降水によるものでないことがはっきりしており、侵入する海風と内陸の気塊との不連続面で生じたエンゼルエコーであると考えられた。

2. エコーの状況

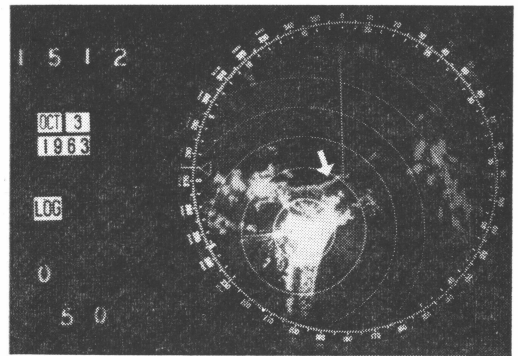
このエコーは今までに4回、次の時間内に観測された。

1963年9月1日	13h30m—13h50m
13	15h00m—16h00m
10 3	14h50m—16h10m
23	15h00m—16h25m



第1図 宮城県北部の地形

ただし、いずれの場合もレーダー観測開始の時にはすでにあらわれており、始まった時間は不明である。各々の日におけるエコーの形と時間変化を第3図に示す。これによると、4回ともエコーは皆似かよった場所に生じ、移動し、消滅していることがわかる。またどれも細長い線エコーでほぼ海岸線に平行であるのが特徴である(第1図参照)。10月3日と23日のものは途中で急にくびれており、これも海岸線の形に関係しているものと考えられる。これらのエコーの写真の一例を第2図に示すが、エコーの進行方向側は非常にはっきりしているのに対し



第2図 海風によるエンゼルエコー

て、後側は徐々に弱まり、すそを引いた形をしていることが特徴で、これはRHI観測によっても確認された。エコー頂高度は700~1,000mで、いずれも地上まで達しており、垂直方向の強度はほぼ一定であった。Aスコープでの観測によると、このエコーは降水エコーによく似ており、強度は雨量に換算して0.5mm/hr程度であった。

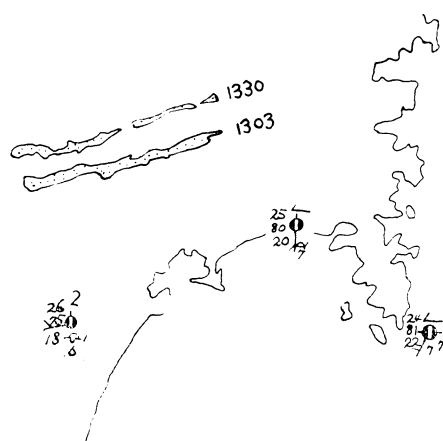
運動は、エコーの線にほとんど直角で、その移動方向と速さは次のとおりである。

	移動してくる方向	平均の速さ
9月1日	160°—165°	3.7m/sec
13	110°—130°	4.4
10月3	140°—165°	5.1
23	110°—140°	3.0

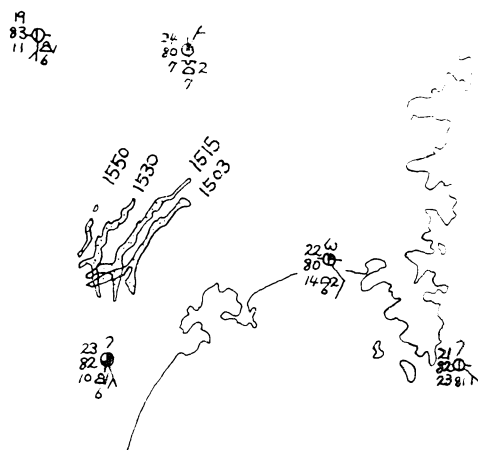
* Radar Echoes from the Sea Breeze

** Makoto Kasuga, 仙台管区気象台
—1964年6月10日受理—

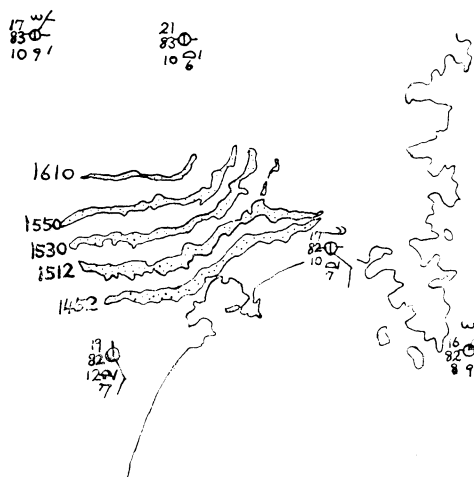
*** 仙台レーダーの性能
波長5.7cm, 尖頭出力250kwatt, パルス巾2.2μsec
アンテナ直径, 3.0m, ビーム巾1.3°



(a) 9月1日



(b) 9月13日



(c) 10月3日



(d) 10月23日

第3図 エコーの時間の変化 (天気状態は15h00m)

エコーの移動に内陸の地形は関係していないようであるが、西端は海拔100mより高いところには出ていない。

3. 地上、上層観測

エコーが通過したところには適当な観測所がないので、その両端に当る仙台、石巻の観測結果を利用した。

エコーが通過したところの仙台、石巻の地上気象要素の変化を調べてみると第1表ようになる。気圧には特に変化は認められず、また仙台の微気圧計でも同様であった。エコーの通過にともなって一般に気温の降下、相対

湿度の上昇、風向の変化、風速の増加が生じている。仙台高層の09h、15hと21hの風の観測を比較すると、600～1,000mまでSEよりの海風が昼間だけ入っていることがわかり、これは15hの局地天気図での風と海岸付近と内陸の気温差(内陸の築館の方が仙台、石巻より1°～4°C高い)からも確かめられた。

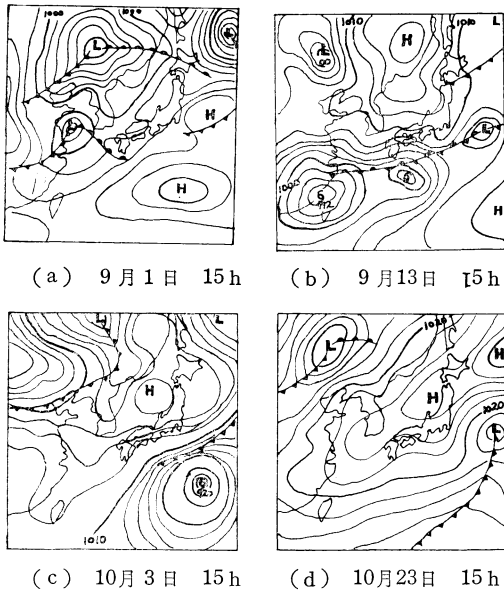
また09h21hの高層観測から計算した屈折率Nの値からみても、電波の異常伝播を生じるような状態でなく、この状態は昼間も存続していたと考えられる。

第1表 エコー通過時の気象要素の変化

月 日	場 所	時 間	気 温 差	湿度差	風 向	風 速	ΔN
9月1日	仙 台 石 巻	10h28m—10h36m	-0.3°C	+15%	NW—ESE	m/Sec m/sec 2.0—3.0	27
		11h30m—11h33m	一定下降	+5	S—SE	3.5—3.5	
13	仙 台 石 巻	15h10m—15h22m	-0.4	+9	SE—ESE	3.0—5.0	13
		13h20m—13h31m	-0.6	+17	NNE—SE	1.8—4.0	18
10月3日	仙 台 石 巻	14h15m—14h20m	-0.3	+2	SSE—SE	2.2—3.0	2
		13h45m—13h50m	-0.4	+8	NNW—SE	2.0—4.5	7
23	仙 台 石 巻	15h10m—15h25m	-0.4	+8	E・E—SE	1.5—3.0	10
		資 料 な し					

4. エコーの成因

それぞれの日の15hの地上天気図を第4図に示すが、いずれも東北地方は高気圧の範囲内で気圧傾度の小さい日であった。



第4図 地上天気図

エコーがあった時の仙台、石巻の視程は30~50kmと非常によく、雲はたいして発達していない積雲と、その上に巻雲あるいは高積雲がある程度で、降水現象は全くなかった。

降水のほかにエコーが生じる原因としては、空中に飛んでいるちりや紙切、昆虫、鳥、Chaff それに異常伝播などがあるが、この場合にはそのどれも当てはまらない。

大気中の不連続面でエコーが生じることは、すでに他

の文献(1, 2, 3, 4)で報告されているが、観測されたこのエコーの特徴も、海風によって生じたものとよく一致している。主な点をあげると

(1) エコーが海岸線と平行に発生しておりなお10月3日と23日のものは、仙台湾に平行なものとならぬ半島に平行なものが合流した形をしている。

(2) この線エコーの通過と気象要素が急変した時間が一致し、その変化は海風の特徴と同じで、Atlas(2), Ligda(3)等が報じた降水によらない線エコー通過時の気象変化と全く同じである。すなわち海風は内陸の空気より冷く湿っており、風はSEよりである。

(3) エコー高度は仙台15h高層での海風(S~Eよりの風)の高さと一致する。

(4) エコーの運動は地表から200mふきんまでの風とだいたい合うが、実際の風よりも少し速く移動する。

(5) エコーは移動する前縁で特に大きな反射強度を示しながら、内陸に侵入するにしたがって次第に弱まっており、これは内陸の空気と混合し、その特性を失って行く海風の性質と同じである。このエコーは内陸30km辺で消えているが、このことは久保田(5)が示した宮城県での最高気温が内陸50kmまで海洋効果をうけるというのと矛盾しない。

(6) 9月と10月の仙台の気象自記紙を調べた結果では、午後になって海風が急激にはいつてきたと考えられる日は、この線エコーが発生した日と同じ日で、4回のみであった。午後になって海風がどっとおしよせてくる、いわゆる海風前線の状態は、それまでに2つの気塊間の性質にじゅうぶんな差ができていたわけで、このためエコーとして反射するのに必要な大きい屈折率傾度を生じるものと思われる。エコー通過にともなう屈折率の変化 ΔN も第1表に掲げてあるが、Atlas(2)の使用したレーダーによれば、この種のエコーを探知するためには

(このレーダーの性能は仙台のものより劣る) 4N, cm ほどの傾度がなければならぬと報告している。これは水蒸気傾度で 1mb/cm 程度の非常に大きな値である。しかし、このような変動量を観測できる器械がないので、はっきりした測定結果は出ていない。

以上のような点から、このエコーの成因は海風の侵入による、内陸の気塊との不連続面で生じた一種のエンゼルエコーであるといえることができる。

5. あとがき

今後の問題としては、この種のエコーは、仙台空港においても、顕著な海風が侵入することが確かめられているにもかかわらず、宮城県南部海岸沿いには、いまだに観測されておらず、このエコー発生のためにはどのような気象条件が必要なのか、また、9月1日の仙台、9月13日の石巻のように、エコー通過時にはっきりと海風に変ったものと、9月13日、10月23日の仙台のように、2次的な海風によりエコーが生じたと考えられるものがあるが、これはどういう状態で起るのかなどがある。これらの現象について調査を行なう機会があれば、このエ

コーからある程度海風の機構を知ることができると考えられる。

終りにこの調査にいろいろご指導いただいた浅田レーダー係長はじめレーダー係の加藤、山川の各氏、またここよく資料を提供して下さった石巻測候所に厚く感謝する。

参考文献

- 1) Atlas, D. et al, 1953: Observation of the sea breeze by 1.25cm radar, Proc. Conf. Radio Meteor., Art XI-6
- 2) Atlas, D., 1960: Radar detection of the sea breeze, Jour. Meteor., 17, 244-258
- 3) Ligda, M.G.H., and Bigler, S., 1958: Radar Echoes from a cloudless cold front, Jour. Met., 15, 494-501
- 4) Brown, H.A., 1960: Report on radar thin lines, Proc. 8th weather Radar Conf., 67-72
- 5) 久保田効, 1961: 宮城県における気温の統計的分析, 天気, 8, 220-225

〔書評〕

血のかよった“山の気象”の本

新田次郎

恒星社刊 山の気象(2) 定価 680円, 175頁

山の気象研究会

山の気象についての本は登山に経験がある人が書いたもののみにして、その存在価値がある。いくららしい気象学者が書いたとしても、炬燵で書いた“山の気象”なんてのはいただけない。うそはないだろうが、血が通っていない。

本書は山のベテランであり、気象学に相当頭をつつこんだ人たちが執筆したものであるから、読んでいて山を感じさせる、山の気象の本である。山へ行く人はこういう本を続でいけば、また読まなくとも、この本を買おうとする意欲を見せただけでも、山の気象遭難からは、かなりの距離遠ざかることができるであろう。

内容はかなり広範囲に分れていて、第1章の上層天気図の見方と利用法は山へ登る人にはやゝ専門的に過ぎる感があるが、第二章の登山者のための天気予報は親切、圧巻は第3章山の気象記録であろう。東京白稜会千葉大

医学部山岳部、富士重工山岳部等の社会人山岳部が文字どおり、体あたりでかちえた山の気象記録は貴重である。第4章の山の気象研究の中の吉川友章氏の山岳地の気流の数値解析(1)は立派な学術論文であるが、あふるる若さと才智のみを駆使して、観念的推論となりすぎたうらみがある。山の複雑な地形と風との磨擦について、より多くの観測結果をもととして、もうひとふんばり努力したら、世界に類を見ない大論文となるだろう。

しかし、この論文が、あまりに学術的すぎるので、“山の気象”としての全体のバランスにおいては、少々重すぎる感がないでもない。この論文は、他のしかるべき発表機関へ載せるものではなかったかと思う。全体としてはすごく充実感があって、登山者必携の書となるであろうことは間違いない。山の気象第3巻の出版を期待する。(作家)