

台風の気圧中心とレーダーによる 眼の中心の食い違いについて

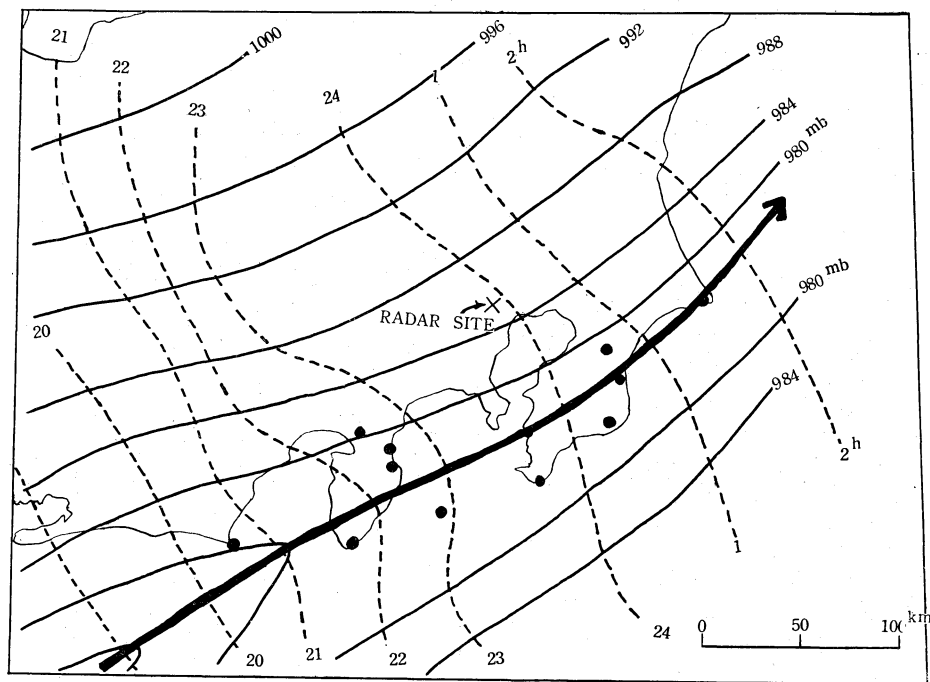
今井一郎, 増田善信

1. はしがき

レーダーの発達に伴って、その気象への利用が多くの方面で期待され、雷雨、不連続線、および台風等の位置の決定などにはかなりの成果があげられている。特にレーダーによる台風の中心の決定は最も有効な手段と考えられ、飛行機による台風観測の際は勿論、多くの場合、直接現業に大きな利益を与えている。

所が、1953年9月、台風13号が紀伊半島東岸沿いに北上した際、地上資料から決定した中心よりも少し南に、小牧及び御前崎の米軍レーダーによる台風眼の中心が報告され、現業員を混乱させるという現象が生じた。

号、6号、14号が相次いで関東付近を通過したので、レーダーによる台風眼の研究を行うことが出来た。その結果、天気図上から決定した台風の中心と、レーダーから決定した台風眼の中心との間にはかなりの食い違いがあり何れも台風眼は台風の進行方向に向って台風の気圧中心の右側にあることがわかった。ここでは主として、台風14号の際のレーダー・エコーの移動、および地上資料を用いて台風の中心付近の風の場の解析を行い、台風の気圧中心とレーダーによる台風眼の中心との食い違いを示すと共に、その原因について簡単な考察を行った結果を報告する。*)



第1図 台風14号“Lorna”の進路(太い実線)と最低気圧(実線)およびその発現時(点線)の分布図。(黒丸は台風眼を観測した地点)

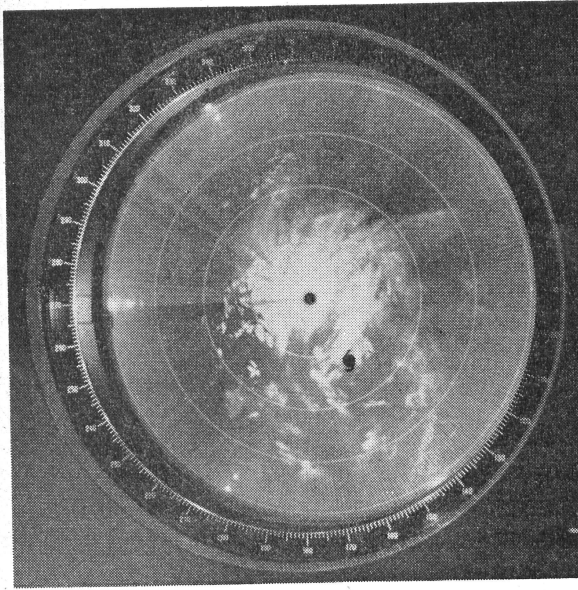
このようなレーダー観測による台風眼の位置と、天気図上の台風の中心位置が食いちがうことについては、H. Wexler⁽¹⁾も報告しているが、詳しい解析を試みたものはまだない。1954年の春、気象研究所にレーダーが完成し高層気象研究室の手によってレーダーによる種々の研究が行われてきた。特にこの年の台風季には台風5

2. レーダーでみた台風眼

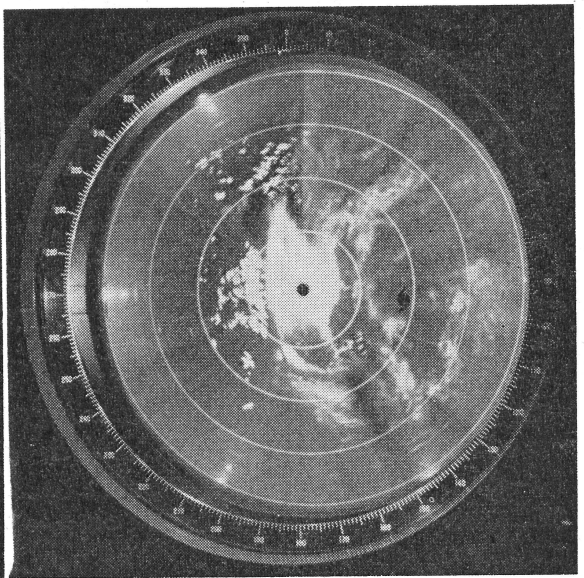
台風14号は1954年9月18日夕刻、東海道御前崎付近を通過し、18日夜半関東東南部を通過して東北東に進行していった。第1図は台風14号の際の最低気圧の分布およびそれから決定した台風の経路を示したものである。18日24時頃房総半島南部に達し、最も東京に接近したのでこの頃のレー

ダー写真を示すと第2図および第3図になる。第2図は18日24時00分の、第3図は19日0時58分のレーダー写真で、鮮明な点状のエコーは地物からの反射で、

*) 台風5号についても同様の傾向が見られた。殊に地上の風の場の循環の中心は台風眼のかなり北方に偏っていた。



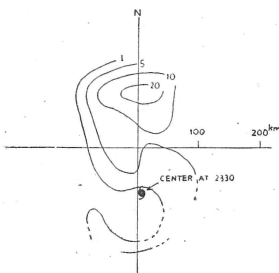
第2図 台風14号“Lorna”のレーダー写真 (2400, Sep. 18, 1954) ●印は気圧の中心を示す。



第3図 台風14号“Lorna”のレーダー写真 (0058, Sep. 19, 1954) ●印は気圧の中心を示す。

輪廓の不鮮明なエコーは雨域を表わしている。これらの図をみると、全般的な傾向として今迄よく云われているように、雨域は螺旋状に中心に巻き込んでおり、中心付近に雨のない域が現われている。しかもその域はほぼ円形で、これが台風眼に相当するものである。ただし、第3図ではその形が少し崩れてきている。恐らく地形による変形であろう。

さて、図中●印はその時刻の台風の気圧中心を示したものであるが、何れもレーダーで決定した台風眼の中心とは一致しないで、少しずれていることが分る。このことは実際の雨量分布からも確かめられる。第4図は18日23時から24時までの1時間雨量の等値線を描いたもので、図中●印は23時30分の台風の気圧中心を示したものである。南の方には資料がないので余り正確には云えないが、明らかに雨量の少ない地域がほぼ円形をして台風の中心付近に現われている。恐らくこれが台風眼に相当するものであろう。この図からも明らかなように、台風の気圧中心は台風眼の中心の北に偏し、レーダーの



第4図 1時間雨量の分布図 mm/hr (23.00~24.00, Sep. 18, 1954)

結果と全く符号していることがわかる。

3. 台風の中心付近の流線分析

このように台風の気圧中心と台風眼の中心とはかなり食い違

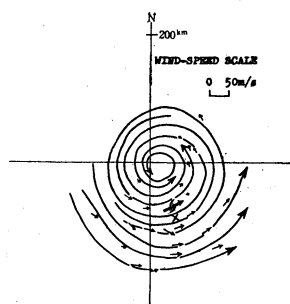
っていることが明らかになったが、台風の中心付近の流線解析を行った結果、さらに興味ある事実がわかった。

レーダー・エコーの動きと上層の風との関係についての研究によるとレーダー・エコーの動きと大体 700 mb 面付近の地衡風との相関が最もよいことが示されている⁽²⁾。台風域内のレーダー・エコーの動きも大体上層の風を示しているものと考えよう。従って、10分ないし、15分の間のレーダー・エコーの移動から上層の風の分布を求めてみた。第5図はこのようにレーダー・エコーの動きから決定した風の場の流線を示したものである。ここで流線はサンドストリームの方法で描き、風速の強さは考慮しなかった。

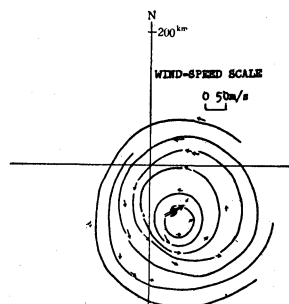
この図で●印は台風の気圧中心を示し、矢印は風の方向を、その長さは風速に比例させてある。この図から明らかなように、レーダー・エコーから決定した風の場の循環の中心は台風の気圧中心とも、台風眼の中心とも一致せず、台風の進行方向に向っていつでも左側にあることがわかる。

今これらの図の各点の風速から台風の進行速度をベクトルの的に引いて台風の中心に相対的な風の場を作ると、第6図のようになる。これらの図をみると、台風に相対的な風の場の中心は進行方向に向って台風の気圧中心の右側にあり、ほぼレーダーで決定した台風眼に一致していることがわかる。

このような台風の気圧中心と循環の中心、および台風に相対的な風の場の中心の不一致は地上の風の資料を用いても示される。第7図は地上の風の資料を用いて台風



第5図 レーダー・エコーの動きから求めた流線。
(2400, Sep. 18, 1954)
●印は気圧の中心。



第6図 台風に対する相対的な流線。
(レーダー・エコーの動きから求めたもの)
(2400, Sep. 18, 1954)

相対的な風の場の流線を描いたものである。これらの図をみると、定性的にはレーダー・エコーの移動から得た結果と全く同じ結果が示されている。ただし、台風14号が伊豆半島を過ぎた頃より、伊豆半島付近に地形性の低気圧が出来、風の場が乱されていたのでこの付近の資料は無視した。

4. Normal Cyclone としてみた台風の構造

では何故このように台風の気圧中心、循環の中心および台風眼或いは台風に対する相対的な風の場の中心の間に不一致が起るのであろうか。これを説明するために台風の極く中心近くでは Shaw⁽³⁾ の提案した Normal Cyclone (正規低気圧) を適用してみよう。(荒川秀俊著：気象力学参照)。

台風の中心付近では空気はほぼ剛体的に角速度 ζ で回転しているものとする。今この系が V なる速度で移動するものとする。回転系と移動速度の合成風系は、進行方向に直角でその左側の点 $0'$ を中心にして回転する。これが台風の循環の中心に相当するもので、 $0'$ の位置は

$$(1) \quad 00' = V/\zeta$$

で与えられる。さらに回転系に対して傾度風の法則が成り立つものとして求めた気圧中心 $0''$ は

$$(2) \quad 00'' = \frac{fV}{\zeta(f+\zeta)}$$

$$= \frac{f}{f+\zeta} 00'$$

で与えられる。ただし、ここで f はコリオリのパラメーターである。

正野博士⁽⁴⁾の理論によると、台風域内の雨域の分布は摩擦を考慮した定常場によってほぼ説明される。このような系に一樣な移動速度を加えても収斂発散には何ら寄与しないから、一樣な移動速度の付加によってたとえ循環の中

心が台風を中心 0 から $0'$ に移っても、雨域の中心は殆んど移動しないであろう。従って、台風眼の中心は台風に対する相対的な風系の中心と一致する。このように考えると、台風の気圧中心、循環の中心および台風眼の中心の不一致は、台風を一樣な移動速度で移動する Normal Cyclone と考えることによって説明される。しかも(1)、(2)からその不一致は移動速度が大きければ大きい程また緯度が北であればある程大きくなる。このことは梅雨期や秋の台風に対しては特に注意しなければならないことを示唆している。

では台風の中心付近の風の場が Normal Cyclone の風の分布と類似しているであろうか。台風の移動速度がわかっているのであるから、レーダーおよび地上の資料から $00'$ を求めると角速度 ζ が得られる。この結果を第1表に示すとレーダーおよび地上資料を用いたものも共にほぼ $1.93 \times 10^{-4} \text{Sec}^{-1}$ ぐらいになる。

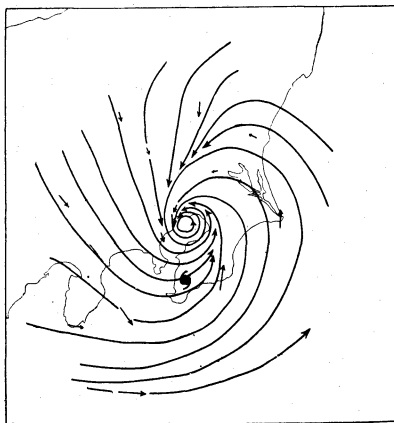
第1表 Normal Cyclone と考えた場合の角速度
地上資料から求めたもの

時刻	00' km	移動速度 Vm/s	角速度 $\zeta \times 10^{-4} \text{Sec}^{-1}$
24時	90	17.5	1.94
01	95	18.1	1.91

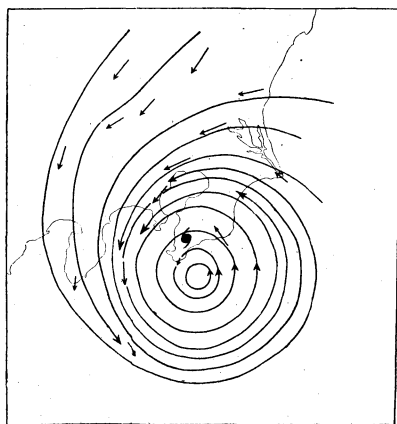
レーダー・エコーによるもの

時刻	00' km	移動速度 Vm/s	角速度 $\zeta \times 10^{-4} \text{Sec}^{-1}$
24時	90	17.5	1.94
01	95	18.1	1.91

さらに、この ζ を用いて(2)から求めた $00''$ の値と実測の $00''$ の値を比較すると第2表のようになり、地上資料を用いた場合が少し大きくなっているが、摩擦その他のいろいろの影響を受けているのであるから、定性



第7図 地表風から求めた流線
(2400, Sep. 18, 1954)



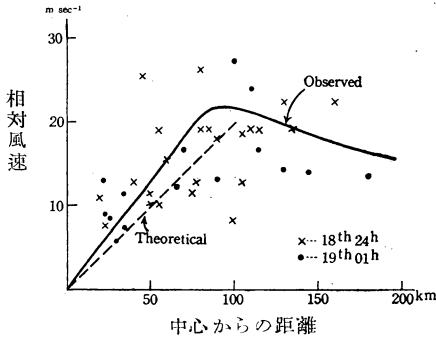
第8図 地表風から求めた流線
(0100, Sep. 19, 1954)

第2表 00" の実測値と理論値との比較

時刻	実測値		理論値
	地上資料	レーダー	
24時	45 km	22 km	27 km
01	55	35	29

的には一致していると考えてよからう。

台風に対して風の場を用い、横軸に中心0からの距離を、縦軸に風速を目盛ってプロットすると第9図のようになる。資料が少く且つ摩擦の影響も入っているので正確ではないが、ほぼ Normal Cyclone と考えた場合の風の場と同じ分布をしていることがわかる。



第9図 台風に相対的な風速と台風を中心からの距離との関係（レーダー・エコーの動きのから求めたも）

5. 結び

台風 14 号の際のレーダーおよび地上資料による解析を行い、台風の気圧中心、循環の中心および台風眼の中この間に食い違いがあることを示し、台風を Normal Cyclone と考えることによってこの食い違いが大体説明されることを示した。このような不一致はもちろんそれ程大きな意味を持つとは思われないが、台風の微細構造を論じたり、レーダーで決定された台風眼の中心を現業で利用する場合には、一応の考慮を拂う必要があるものと思う。

(気象研究所)

参考文献

- (1) H. Wexler : Structure of hurricanes as determined by radar, Ann. N.Y. Acad. Sci., 48, 821 (1947).
- (2) M.G.H. Ligds and W.A. Mayhew : On the relationship between the velocities of small precipitation areas and geostrophic winds. J. Met. 11, 421 (1954).
- (3) Sir Napier Shaw : The travel of circular depressions and tornadoes, M.O. Geophys. Mem., No. 12, 1918.
- (4) S. Syono : Approximate solution of non-linear differential equation of stationary wind in axial-symmetric cyclone and anticyclone, and its applications. Journ. Met. Soc. Japan, 11, 22, (1944)., or Geophys. Mag., 20 (1949).

書評

水稲冷害の文献的研究

日本農業気象学会編集

農林省農業改良局研究部監修

昭和 30 年 3 月発行

日本の米の収量を大きく左右する災害の一つは何といっても冷害である。したがって冷害についての研究が古くからおこなわれ、幾多の文献が発表されている。しかし冷害に対する対策はそれほど進んでいない。

本書は従来発表された冷害の文献を収集整理し、過去の研究のあとを明かにするとともに求められた理論の総合的な解説を述べ、最後に今後の研究のあり方に対する著者の要望を加えている。

先ず最初冷害についての研究の盛衰を文献の出現状況から年次別、種類別に概括的に述べ、次に被害の機構編において冷害を水稲の生育期の立場から遅延型、障害型併行型および病害型またその直接の原因である気象の面から急性的凶作、慢性的凶作などと分類している。次に水稲の生涯を通じてどの時期が最も被害を受け易いか、また気温や水温の被害発生に及ぼす限界などについて述べている。被害の受け方は品種のちがいによって大きくことなるが、この品種による冷害に対する抵抗力の強弱を知る方法も種々研究された。低温処理方法、タペート検定法、冷水灌漑、晩播、晩植法などがその方法としてあげてある。

次に被害を起す条件としては耕地の条件、品種の選択、育苗、用水管理、施肥、その他栽培法、水温上昇、防風など小気候の改善などがあげられこれらのちがいが米の収量に大きく影響している事実がそれぞれ試験例によって実証されている。しかしこれらの試験が断片的で極めて総合性が少なく、かつ被害を左右する主な条件と生育、収量が直接結びつけられているに過ぎないため、この編は一般性のない実事の記述に止まるところが多いが、これも次第に環境などの詳細な測定が行なわれるようになりつつあるので近くこれらの欠点が補なわれるようになることと思う。

冷害発生の直接原因となる夏季の低温発生を早期に予想する方法はどうであろうか。先ず冷害を起すような低温の発生についての気象的な解析についての従の研究を述べ、次に経験的前兆、海況と冷害気象、大気の混濁、太陽黒点、週期的研究などについての予想法を述べ、さらに近年高層気象の発達にともなう偏西風理論について述べている。また最近進められつつある地球大気の振動現象についての研究も述べている。夏季の低温発生についての予想に関する気象の文献の総てがつくされている。また最初に書かれている総合抄録はそれぞれの部門についての研究の概況を知るに都合がよく、今後の研究のあり方を知る上に役立つところが大きいと思う。慾を言うならば冷害と病虫害、近年盛んになりつつある環境気象などについて今少し記してほしかった。

(山中園利)