

伊勢湾台風の暴風と過去の顕著台風のそれとの比較*

加 藤 久 雄**

伊勢湾台風(1959年)と室戸台風(1934年)、ジェーン台風(1950年)、13号台風(1953年)の風速分布を明らかにし、さらに、これに基づいて暴風面積、風速の面積積分、風速の二乗の面積積分などを計算して暴風の強さを比較し、その強さは、伊勢湾台風、室戸台風、13号台風、ジェーン台風の順であることを示し、また暴風の強さの比較は、概略的には暴風面積の比較によって示されることを明らかにする。

1. はしがき

1959年9月26日、日本を襲った伊勢湾台風は、我国の気象観測が開始されて以来、最大の災害をもたらした。しかし、災害の大小は、気象条件のみならず、他の諸条

件によっても左右されるから、これをもって伊勢湾台風が最大最強の台風であったと断定することはできない。

では、伊勢湾台風の暴風は、これまで最大の台風といわれてきた室戸台風にくらべてどの程度に当るのか、さらに、近年、東海地方に大災害をもたらした13号台風やジェーン台風にくらべてはどうか？

これらの点を解明するため、まず上記の台風の風速分布を明らかにし、さらに、これに基づいて暴風の程度の定量的な比較を行った。

第1図に、これらの台風の経路を示す。

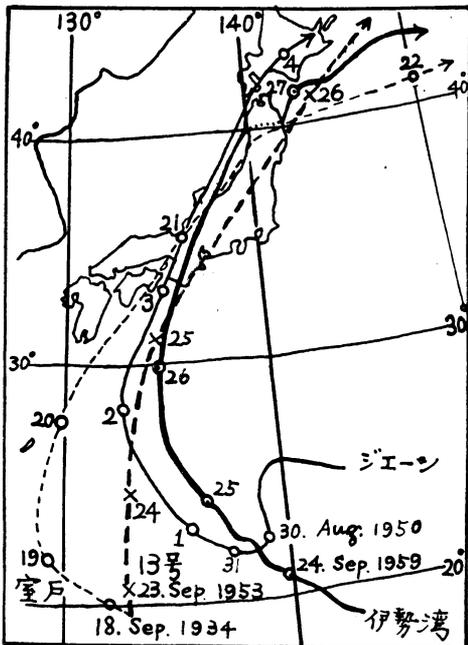
2. 風速分布図の作成

ある一定の時刻に台風域内全域にわたって適当な密度の風速観測があれば、風速分布は容易にわかるはずであるが、実際には台風域の大部分は観測資料の少ない海洋上であり、一方、比較的稠密な観測網のある陸上では、地形の影響のため観測値の代表性がとほしいということから、信頼するにたる風速分布を求めることはなかなか困難である。

そこで、まず観測資料の不足を補うため、台風と共に移動する座標系を考え、台風中心(気圧中心をさす)と進行方向に対する各観測所の相対位置を次々と求め、それぞれの位置に、その対応する時刻における観測値を記入し、かくして、台風の接近から通過に至る期間内の多くの資料を利用することにした。しかし、このことは、反面にはその間の台風の変化の影響が付加されるという不都合を生ずる。したがって、この影響を取除く必要があるが、風は地形によって複雑な影響を受けるので、風の変化のうちで、台風の衰弱による影響だけを取り除くということは実際上ほとんど不可能である。このため、ここでは、この影響を取除く方途は講じなかった。

次に、局地的な影響をできるだけ少くするため、内陸部の観測資料は用いず、主に太平洋沿岸の観測資料を用い、これに日本海側の観測値を補足的に用いた。

用いた観測所の数は、一つの台風について25~30地点で、また各観測所での観測値の時間間隔は、台風の中心部では10分(距離にして約10軒)~30分(同じく20~30軒)、その他では1時間(同じく約50軒)である。



第1図 台風経路図。数字は日付で、9時の位置を示す

* The Comparison of Wind Intensity of Isewan Typhoon with those of Several Major Typhoons.

** Hisao Kato, 名古屋地方気象台。—1960年8月12日受理—

また、用いた資料の時間的な範囲は、台風の種類によっていくらかは異なるが、ほぼ24時間程度である。

用いた風速の値は平均風速である。これは1938年以前は20分間の平均、その後は10分間の平均で測定されており、さらに、このほかの点でも幾度か観測法が変っているため、厳密には、これらの影響を除いて比較しなければならないが、これまた事実上不可能であるので、これら影響を取除く方途も講じなかった。

等値線を描くに当っては、かなり平滑化してあり、したがって、いくらかの主観が入っているが、大勢を考える上では問題はないであろう。

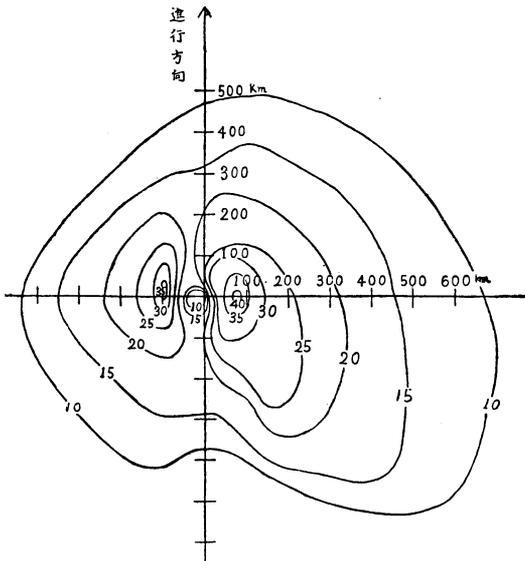
以上のような色々な制約のため、以下の比較も概略的なものならざるを得ないことは勿論である。

3. 各台風の風速分布とその特徴

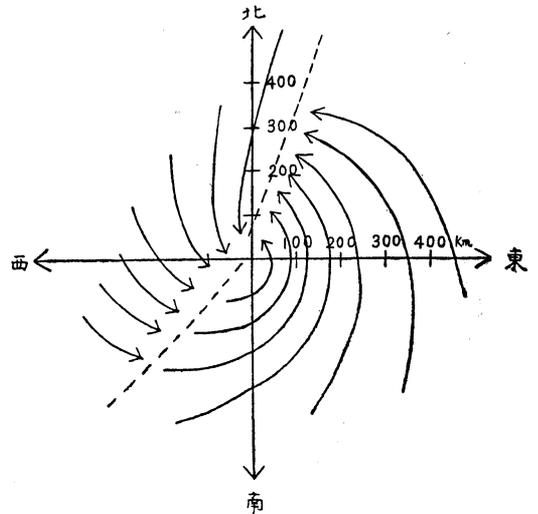
前節でのべた方法によって作成した地表面における水平風速分布を第2図から第6図に示す。また、これらの分布図に基づいて作成した進行と直角の方向におけるプロファイルが第7図である。その特徴は次のようである。

伊勢湾台風（第2図および第3図）

中心の左20kmを中心として弱風域があり、中心の右70km付近に最強域。また、中心の左90km付近に2次の最強域があり、これら強風域は前後方向に伸びた



第2図 伊勢湾大風(1959年)の風速分布図
10分間平均風速 m/s



第3図 伊勢湾台風流線概略図

形をなしており、弱風域と左右の強風域との間では急激に風速が変化している。

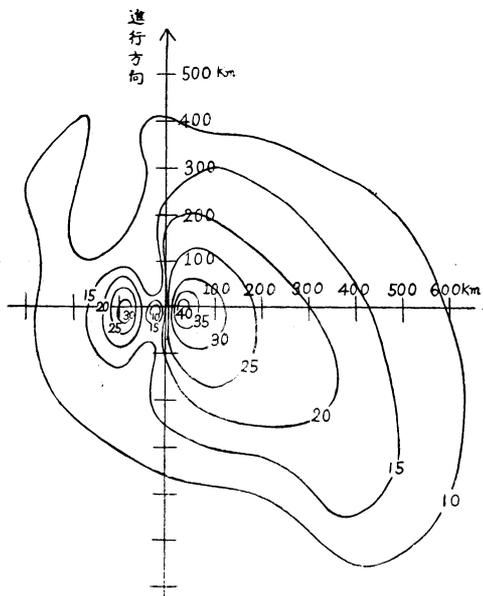
進行の右半円と左半円を比較すると明らかに右半円の方が強く、暴風の範囲も広い。

中心からの距離 r にともなう風速の減衰は、右半円も左半円もほぼ $\frac{1}{\sqrt{r}}$ に比例している。

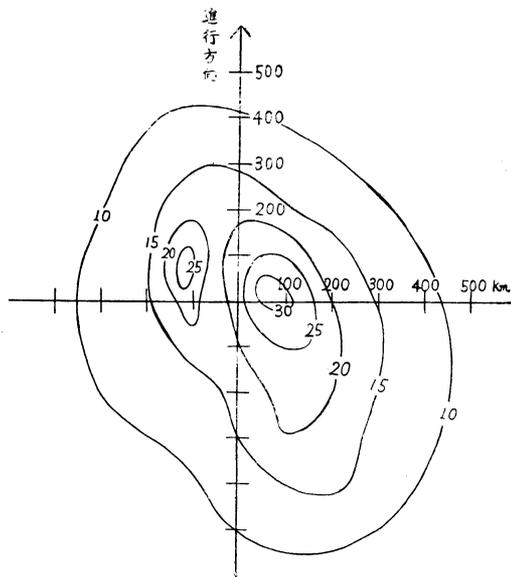
風向(流線で示す)は概略的に示すと第3図のようである。風向は中心からの方位によってほゞきまるものであるので、第3図は南北方向を基準として描いてある。この図から北北東の方向に顕著なシヤーラインのあることがわかる。なお、こゝでは雨量分布については論じないが、同様な方法で雨量分布図を作成したところ、このシヤーライン付近で雨が多いことが示された。また、別のシヤーラインが南西にあるが、それは、それ程顕著ではない。なお、他の台風については風向図を示さなかったが、ほゞ第4図と同様な特徴が見られた。

室戸台風(第4図)

大局的には伊勢湾台風の場合と同様であるが、最強域の位置は中心の右20km付近にあり、伊勢湾台風の場合よりもはるかに中心に近い。また、伊勢湾台風と同様に、左半円に2次最強域があるが、その範囲はかなり狭く、また左半円の全体の暴風範囲(10m/s以上)もかなり狭い。中心からの距離 r にともなう風速の減衰は右半円では $\frac{1}{\sqrt{r}}$ に、また左半円では $\frac{1}{r}$ にほゞ比例している。



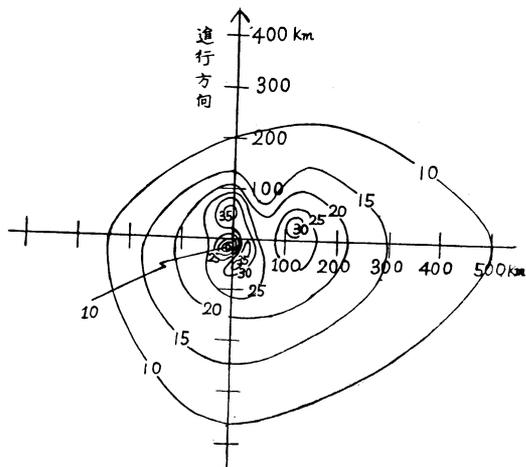
第4図 室戸台風(1934年)の風速分布図
20分間平均風速 m/s



第5図 13号大風(1953年)の風速分布図
10分間平均 m/s

13号台風(第5図)

伊勢湾台風とはほぼ類似の分布をしている。ただし、風速は全般に伊勢湾台風よりも弱く、また弱風域は明瞭でない。風速は中心からの距離 r にもなって $\frac{1}{r} \sim \frac{1}{\sqrt{r}}$



第6図 ジェーン台風(1950年)の風速分布図
10分間平均風速 m/s

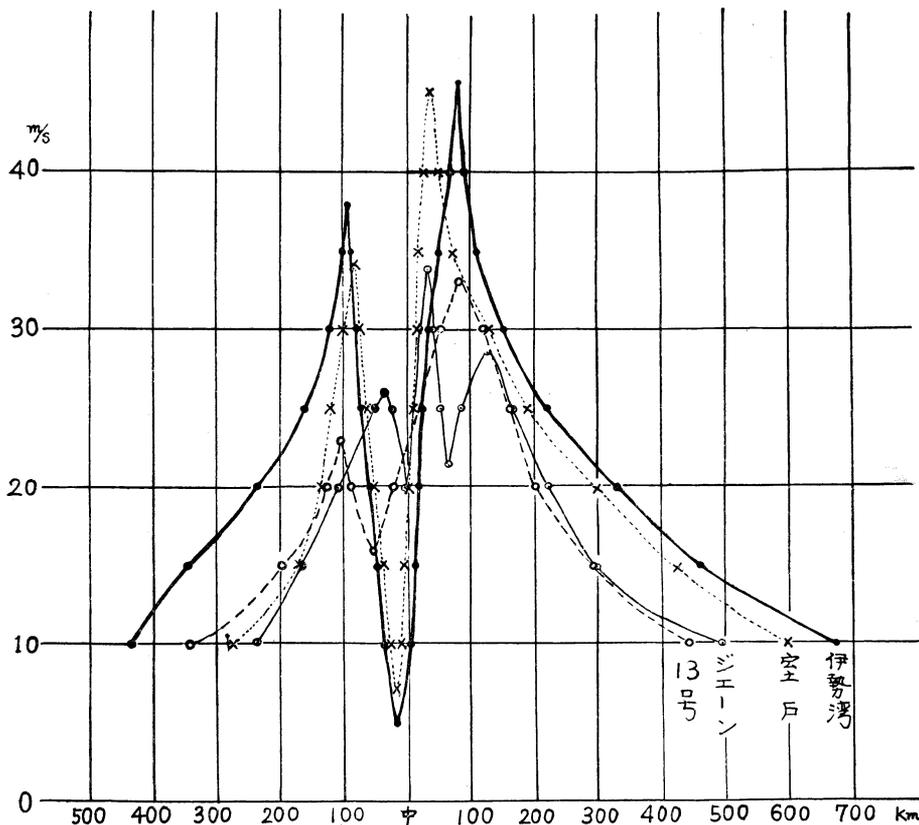
に比例して減衰している。

ジェン台風(第6図)

中心付近の風速分布は、前3者とは異なり、きわめて複雑である。すなわち、中心の左後方約20kmに弱風域あり、この弱風域とりまいて、中心の前方から右側をまわって中心の後方で最強風域があり、さらに右側110km付近に2次的な強風域があり、一方、前3者で見られたような左半円の2次的強風域はない(勿論、進行と直角の方向にその部分極大域はある、第7図を見よ)。また、風速は中心距離 r にもなって13号とほぼ同じく $\frac{1}{r} \sim \frac{1}{\sqrt{r}}$ に比例して減衰している。なお、前記の3台風にくらべ、ジェン台風の分布図は資料の少いことから、周辺部の模様はやゝ不正確である。

以上の分布の特徴を要約すると次のようになる。

1. 進行方向を基準とすると、一般に、中心の左20~30kmに弱風域があり、中心の右方数十kmの場所に最強風域、さらに、中心の左約100kmに2次的な強風域があり、これら強風域は前後方向にのべている。しかし、強風域の現われる場所は台風ごとにより異なり、またジェンのように極大、極小の分布が特殊な形をなすものもある。なお、こうした差異は、台風が通過した地域の地形の影響によるものと思われる。例えば、最強風域が、室戸台風では中心のすぐ近くに現われており、一方伊勢湾台風では中心からかなり離れているが、これは、室戸台風は大阪湾のすぐ西を通過し、一方、伊勢湾台風は伊勢湾の西かなり離れた所を通過したことによるもの



第7図 進行と直角の方向にその風速プロファイル (10分間平均風速 m/s)

と思われる。

2. 中心付近の弱風域と左右の強風域の間では風速は急激に変化する。その外側では、風速は一般に中心からの距離 r にともなって $\frac{1}{r} \sim \frac{1}{\sqrt{r}}$ に比例して減衰する。伊勢湾台風では右半円も左半円も $\frac{1}{\sqrt{r}}$ に比例して減衰しており、他の台風にくらべ中心距離にともなう減衰の度が弱かった (室戸台風は右半円は $\frac{1}{\sqrt{r}}$ に、左半円は $\frac{1}{r}$ に比例して減衰)。

3. 従来から云われていることであるが、右半円と左半円と比較すると、右半円の方が明らかに風が強い。

4. 中心から北々東の方向に顕著なシャーラインがある。

なお、暴風の比較は次節で定量的に行うが、分布図によって定性的に比較すると、伊勢湾台風が最も強く、室戸台風がこれに次ぎ、ジェーン台風と13号台風は前者にくらべるとかなり弱い。

4. 暴風の強さの比較

1. 運動のエネルギー 暴風の強さを定量的にわすものとしては台風域内の運動エネルギーが考えられ、これまで、幾人かの人々によって代表的な台風について計算されている。これにならって伊勢湾台風について計算したのが第1表である。この計算は、台風域を右半円と左半円とに大別し、さらに水平方向には中心から緯度1度間隔の環に分割し、また鉛直方向には、地面~850mb面, 850mb面~500mb面, 500mb面~300mb面に分割して各区域ごとに行った。かくして、伊勢湾台風では、高さ300mb面までとると、中心から555kmまでで 5.4×10^{25} エルグ、また1,110kmまでで 8.0×10^{25} エルグと求められた。しかし、運動のエネルギーの計算値は、台風の範囲のとり方によってかなり違ってくるもので、しかも台風の範囲をきめる妥当な条件が見あたらないので、人によってそのとり方がまちまちである。また、上空の風速の分布は、観測資料が少ないことから最近の台風

第1表 伊勢湾台風の運動のエネルギー、上の二段は、それぞれ右半円と左半円の半径 r_1 と r_2 の間の、また最下段は中心から半径 r_2 までの円内の、地面から 300mb 面までの間に含まれた運動のエネルギー

半径 $r_1 \sim r_2$	0~1	1~2	2~3	3~4	4~3	5~6	6~7	7~8	8~9	9~10
右半円, 地面~300mb 面,	×111km									
左半円, 地面~300mb 面	0.15	0.90	1.91	1.07	0.69	0.40	0.33	0.34	0.31	0.32
	×10 ²⁵ エルグ									
中心から r_2 まで, 地面から 300mb 面まで	0.05	0.11	0.16	0.17	0.19	0.19	0.18	0.19	0.18	0.17
	0.20	1.21	3.28	4.52	5.40	5.99	6.50	7.03	7.52	8.01

(伊勢湾台風を含め)についても不明確な部分が多く、まして、室戸台風のような昔の台風については観測がないので、まったく不明である。このようなことから、運動のエネルギーの比較には、いくつかの困難な問題がある。

2. 暴風面積と平均暴風半径 そこで筆者は、地上風速だけの比較を考え、第2図~第6図に示された実例の風速分布図を用いて風速 10m/s 以上の範囲を対象として、5m/s きざみで各風速に対応する面積を測定して比較した。その結果は第2表のようである。

第2表 暴風面積
各台風の暴風面積を平均風速 5m/s きざみで示す。

台 風	伊勢湾	室 戸	13 号	ジェーン
風 速				
40 ~ 45 m/s	0.1	0.1	—	—
35 ~ 40	0.5	0.3	—	0.2
30 ~ 35	1.8	1.1	0.4	0.4
小計30以上	2.4	1.5	0.4	0.6
25 ~ 30	5.9	3.3	2.2	1.6
20 ~ 25	10.9	8.2	6.7	4.4
小計20以上	19.1	12.9	9.3	6.6
15 ~ 20	27.5	14.3	14.3	5.9
10 ~ 15	34.6	31.1	33.3	21.1
合計10以上	81.3	58.4	56.9	33.6

30m/s 以上の面積では、伊勢湾台風、室戸台風、ジェーン台風、13号台風の順であり、20m/s 以上と10m/s 以上の面積では伊、室、13号、ジェーンの順である。

伊勢湾台風と室戸台風とはかなりの違いがあるが、これは前にものべたように、室戸では左半円の暴風が弱いためである。

次に第2表に示された暴風面積から、平均暴風半径を

次式で計算した。

$$\bar{r}_{v \geq x} = \sqrt{\frac{S_{v \geq x}}{\pi}}$$

ここで $S_{v \geq x}$ は風速が X m/s 以上の面積である。その結果を第3表に示す。なお、参考のため、括弧内に第2図~第6図の分布図に示されている暴風半径(平均し

第3表 平均暴風半径
(第2表の値から求めた平均半径。括弧内は進行と直角方向の暴風半径で第2~第6図から求めたもの。)

台 風	伊勢湾	室 戸	13 号	ジェーン
要 素				
$\bar{r}_{v \geq 30}$	0.9	0.7	0.3	×100km 0.4
($\bar{r}_{v \geq 30}$ 右 左)	(1.5 1.2)	(1.2 1.0)	(1.1 —)	(0.4 —)
$\bar{r}_{v \geq 20}$	2.5	2.0	1.7	1.4
($\bar{r}_{v \geq 20}$ 右 左)	(3.3 2.4)	(3.0 1.4)	(2.0 1.3)	(2.2 1.1)
$\bar{r}_{v \geq 10}$	5.1	4.3	4.2	3.3
($\bar{r}_{v \geq 10}$ 右 左)	(6.7 4.3)	(6.0 2.8)	(4.4 3.4)	(5.0 2.7)

ない値)を付記しておいた。

この場合、風速分布図から明らかなように、中心付近に弱風域があり、これが前後方向に伸びているので、括弧内に示された範囲内の全域が当該の風速以上であるというわけではない。平均半径が必ずしも右半円の半径と左半円の半径との中間の値にならないのはこのためである。

さて、平均暴風半径は暴風面積の別の表現に外ならないから、その大きさの順序は暴風面積のそれとかわらない。

3. 風速の面積積分と面積平均風速 暴風の程度を示す尺度としては、暴風面積(または暴風半径)よりは、風速と面積との積の方がより適当であることは明ら

かである。

そこで、第2表に示された数値を用いて、各風速値(5m/s きざみ)とそれに対応する面積との積の総和を求めた。すなわち、

$$\iint_{v \geq 10} V \cdot ds$$

の近似値を計算した。その結果を第4表に示す。数値は伊勢湾台風が最大で、室戸、13号、ジェーンの順である。

第4表 風速の面積分と面積平均風速
第2表の値から求めた風速の面積分と面積平均風速

要素	台風	伊勢湾	室戸	13号	ジェーン
$\iint V \cdot ds$		13.9	9.3	8.9	$\times 10^2 (\text{m/s}) \cdot 10^4 (\text{km})^2$ 5.3
$\bar{V} = \frac{\iint V \cdot ds}{S}$		17.1	16.1	15.6	m/s 15.9

なお、全暴風面積(10m/sの範囲)内の平均風速を \bar{V} とすると、 $\iint V \cdot ds$ は $\bar{V} \cdot S$ にはならないから、面積平均風速 \bar{V} が求められる。これを第4表に付記しておいた。 \bar{V} は、伊、室、ジェーン、13号の順であるが、どの台風についても大して違わず、16~17m/sである。

なお、 $\iint V \cdot ds$ の値に適当な高さ、平均空気密度を乗すれば、その範囲内の運動量になるから、この値は台風域内(厳密に言えば10m/s以上の範囲)の地表面付近の運動量に比例することになる。

4. 二乗風速の面積積分 風が物に反ばす力、すなわち風圧は、風速の二乗に比例するから、暴風の程度を示す尺度として風速の二乗の面積積分が考えられる。そこで、前項と同様な方法で風速の二乗の面積積分の近似値を計算した。その結果を第5表に示す。数値は、伊勢湾

第5表 二乗風速の面積積分と面積平均二乗風速の平方根
(第2表の値から計算した二乗風速の面積積分と面積平均二乗風速の平方根)

要素	台風	伊勢湾	室戸	13号	ジェーン
$\iint V^2 \cdot ds$		26.5	17.5	15.0	$\times 10^3 (\text{m/s})^2 \cdot 10^4 (\text{km})^2$ 9.8
$\sqrt{\bar{V}^2} = \sqrt{\frac{\iint V^2 \cdot ds}{S}}$		18.0	17.4	16.2	m/s 17.3

台風が最大で、室戸、13号、ジェーンの順である。また、前項と同様に、これらの値から面積平均二乗風速の平方根を計算して付記しておいた。その値は、伊、室、ジェーン、13号の順であるが、面積平均風速と同様、どの台風についても大差はなく、16~18m/sである。

なお、 $\iint V^2 \cdot ds$ の値に適当な高さ、平均空気密度を乗すれば、その範囲内の運動のエネルギーとなるから、この値は、地表面付近の運動エネルギーに比例することになる。

5. 比較 $\iint V \cdot ds$ および $\iint V^2 \cdot ds$ の比較をまとめたのが第6表である。数値は、伊勢湾台風の値を1とした場合の比で、括弧内はその逆数である。

かくして、伊勢湾台風についてのこれらの値は、室戸台風のそのいずれも1.5倍、また、13号のその1.6倍および1.8倍、ジェーン台風の2.6倍および2.7倍にあたることになる。しかし、はじめにものべたように、観測法の変化、その他、種々の制約があるため、正確な比較は困難であり、ここに示された数値は概数としてとられるべきである。しかし、伊勢湾台風と室戸台風とを比較すると風速分布図およびプロフィールからわかるように右半円についてはその差は小さいのでどちらが強いかわからないが、左半円には大きな差異があり、この差異は観測法の変化その他の影響によって消去されるにはやや大きすぎるようであるから、伊勢湾台風の風の方が室戸台風の風より強かったと考えられる。

また、伊勢湾台風と13号およびジェーンとの比較については、観測法の変化の影響はないから、上に示された数値はほぼ正しいと見てよいであろう。

第6表 比較
(伊勢湾台風の値を1としたときの
各台風の値、括弧内はその逆数)

要素	台風	伊勢湾	室戸	13号	ジェーン
$\bar{V} \cdot S = \iint V \cdot ds$		1	0.67 (1.49)	0.64 (1.56)	0.38 (2.63)
$\bar{V}^2 \cdot S = \iint V^2 \cdot ds$		1	0.66 (1.51)	0.56 (1.79)	0.37 (2.70)
$S_{v \leq 10}$		1	0.72 (1.39)	0.70 (1.43)	0.41 (2.43)

5. むすび

風速の面積分および風速の2乗の面積分を比較すると、伊勢湾台風にとりまう暴風は、上陸した台風の中で

これまで最大の台風といわれた室戸台風よりも強かったようである。また伊勢湾台風の暴風は13号台風の暴風の1.6倍程度ジェーン台風の暴風の2.7倍程度にあたる事が明らかとなった。

また、風速10m/s以上の範囲を全暴風面積とすると、この範囲内での平均風速、平均二乗風速はどの台風についてもほとんど変わらず、したがって、暴風の程度を表わす風速の面積分および風速の2乗の面積分の比較は概略的には全暴風面積の比較によらなされる事が明らか

となった。

また、台風の風速分布は第2図～第7図のようで、第3節の最後部の1～4項でのべたようないくつかの特徴が示された。

本調査に当って、名古屋地方気象台、今里台長、添田予報課長、大谷観測課長から有益な助言をいただいた。また、風速分布図の作成に当っては、予報課の多くの方々の御支援をいただいた。こゝに深く感謝の意を表します。

気象学の外国文献集いよいよ刊行

長い間お待たせしました気象学の外国文献集やっと第1巻ができました。今後、文献リストの順序で毎月1巻づつ刊行いたします。各巻の頁数は150～250頁とし、平均200頁になるようにいたします。全巻予約された方にのみ頒布し、分売はいたしません。頒価は頁数の多少にかかわらず300円(郵送を必要とする方も、必要としない方も)といたします。この前申込んで下さった

方も、この際あらためて予約申込書により正式に予約申込して下さい。

1960年9月

日本気象学会
東京都千代田区大手町気象庁内
電話 (231) 2706

気象の英語 (29)

31. 主として将来のことについての推量の表現

前号の言葉を以下にまとめて見ると

It must rain today. = 今日には雨が降るに違いない。

It will certainly rain today. = 疑いなく降るだろう。

It will surely rain today. = 間違いなく降るだろう。

It threatens to rain. = 降りそうだ。

Perhaps it will rain today. = 多分降るだろう。

It will possibly rain today. = おそらく降るだろう。

It will probably rain today. = 降りそうだ。

It is probable that it will rain today. = 降りそうだ。

It is likely to rain today. = 降りそうだ。

It may rain today. = 降るかも知れない。

It may possibly rain today. = ことによると降るかも知れない。降らないとも限らない。

It might rain today. = 降ってもよかりそうなものだ。ことによると降るかも知れない。

It will scarcely rain today. = まさか降らないだろう。

It can scarcely rain today. = まさか降るはずはないだろう。

It cannot rain today. = 降るはずがない。

It will never rain today. = 決して降らないだろう。