

## 台風予報の現状について\*

市 沢 成 介\*\*

## はじめに

日本の南海上を含む極東海域は世界でも有数の熱帯低気圧の発生にあたっており、その内で日本付近に接近または上陸する台風も年間数個に及び、過去幾多の大きな災害をもたらしている。こうした事情から台風に関する一般の関心は非常に強く、それだけに通常の子報と違って台風予報が重要であるといえる。気象庁ではこうした背景から台風監視体制を整え、より早く実況の把握、予警報や情報等の発表に努めている。ここでは気象庁で行なっている台風の実況の把握から台風予報の発表までの現状について述べる。

## 1. 台風実況の把握

予報を出す上で正確な実況の把握は重要な問題となる。台風はその発生域や発達域が観測の少ない洋上であるため、実況の把握も困難な事が多い。また、熱帯低気圧と違って中心からの距離によって気象状態が大きく変化する事から、位置決定も精度を高め、緯経度の十分位までを行なわなければならない。

現在では気象衛星による雲写真が得られるので熱帯じょう乱の発生初期からその動向がとらえられるようになって、雲の広がりや集中度、眼の有無等から熱帯じょう乱の位置や強弱もかなりの精度が判断出来るようになった。また米軍による飛行機観測で得られる資料は、じょう乱の位置、中心示度、じょう乱内の風の分布、温度分布などで、位置決定や盛衰を見る上で欠く事が出来ない。レーダー網が整備されて日本の近海に接近した台風はその動向が刻々取らえられる。こうした数々の資料をもとにより正確な位置をより早く決定している。しかしこれらの資料が同一の精度で位置決定に利用出来る訳でなく、観測方法の違いも加味して決めなければならない。気象庁においては台風中心を地上気圧の中心点におくよう定めており、台風経路図の作成も飛行機観測による資料を使って、レーダーや気象衛星の資料を参考資料

としている。これは気象衛星による中心位置の精度はまだまだ劣り、レーダーによる中心位置は問題視するほどではないが気圧中心とずれることが知られている。飛行機観測やレーダー観測による台風眼の資料がある場合には比較的容易に精度の高い中心位置を決定出来るが、こうした資料の無い時の洋上についての中心決定は、台風循環の中に入った島や船舶の資料を使って求める。このために、なるべく近い時間における精度の高い中心を使った台風近傍の気圧と距離の関係を示すプロフィールを作っておいて、これを用いて数点からの円弧を描いて交差させる。もちろん一点には交差しないので平均点の中心を求めなければならない。こうした方法もじょう乱の近くに観測資料が無いと利用出来なく外挿のみの場合もある。そこで中心位置を決定した場合にはその精度を正確（誤差20マイル内）、ほぼ正確（40マイル）、不確定の3段階に分けて付記している。

こうした位置決定も台風の位置によってその頻度もかえなければならない。通常3段階に分けて、日本に直接関係しない台風は主として洋上を航行する船舶を対象として、位置決定は6時間毎に行ない、船舶無線を通じて発表している。この海域では観測点も少なく、もっぱら飛行機観測の資料と気象衛星の雲写真を使って外挿して決める事が多い。なお極東海域においては GUAM に JTWC (Joint Typhoon Warning Center) があり、熱帯じょう乱の監視を総括しており、じょう乱の発生や台風の命名を知らせてくると共に6時間毎に警報を発表している。このため、特に大きな変化や、中心付近に観測データが入った場合は JTWC の発表と大きく異なるが通常はそれと大きな相違が無いようにしている。次に北緯20度以北の海上で日本に接近、上陸の可能性のある台風は船舶だけでなく、沿岸や接近を予想される地方に対しての周知等を行なわなければならない。位置決定も3時間毎に行ない、その都度海上警報の発表や台風情報等を発表する。この海域においても観測値の入電は少ないが、高層観測資料なども参考となり、台風予報のための予報資料の作成も行なって、精度の高い情報を出すよう

\* On the Up-to-date Prediction of the Tropical Storm.

\*\* J. Ichizawa, 気象庁予報課

努めている。そして接近、上陸時の台風に対しては、台風の接近する地方、すでに圏内に入っている地方に対してより早く、より正確な情報を出す必要があり、位置決定も1時間毎に行なって30~40分後には発表出来る様にしている。位置決定には豊富な地上の毎時観測資料、レーダーによる台風眼の観測、特殊電報による風や最低気圧の起時などが利用される。

台風中心の決定だけが実況把握のすべてではなく、それに伴う暴風域や豪雨域の把握も大切である。特に最近では台風近傍の暴風雨域だけでなく、例えば1974年7月の8号台風の縁辺部で起った七夕豪雨などのように、台風の縁辺部で起る豪雨も気象衛星の雲写真から解明されつつあり、こうした雨域の変化も監視し、台風情報などに折り込んでいる。

(参考資料として、気象庁の発表した全般海上警報とJTWCで発表した Typhoon warning をのせる)

資料1. 全般海上警報発表例 1974年8月30日15時  
Typhoon Warning. Typhoon 7416 Polly 955 mbs at two nine point three north one three nine point five east near Torishima moving northnorthwest 12 knots. Position good. Max winds 80 knots near center. Radius of over 50 knot winds 100 miles in northeast semicircle and 60 miles in southwest semicircle. Radius of over 30 knot winds 400 miles in northeast semicircle and 250 miles in southwest semicircle. Forecast position for 301800 z between 31.5 N 139.0 E and 31.0 N 137.5 E. Forecast position for 310600 z between 34.5 N 138.0 E and 32.5 N 134.5 E.

資料2. JTWC による Typhoon Warning 例  
1974年8月28日3時  
Typhoon Polly wrng NR 10  
Posit 18.3 N/2 144.3 E/2 at 271800 Z  
Based on center located near 18.2 N/1 144.9 E/8 at 271503 Z by satellite  
Accurate within 40 NM.  
Center moving toward the northwest at 08 KTS present wind distribution  
Max sustained winds 65 KTS near center with gusts to 80 KTS.  
Radius of over 50 KT winds 50 NM  
Radius of over 30 KT winds 175 NM  
Repeat posit 18.3 N/2 144.3 E/2 at 271800 Z  
Forecasts  
12 HRS valid 280600 Z 19.5 N/5 143.3 E/1  
Max winds 75 KTS with gusts to 90 KTS  
Radius over 50 KT winds 50 NM

24 HRS valid 281800 Z 20.9 N/1 142.0 E/7  
Max winds 85 KTS with gusts to 105 KTS  
Radius of over 50 KT winds 50 NM  
Radius of over 30 KT winds 250 NM

## 2. 台風予報作成の概要

実況が把握できて予報を出す訳だが、ここでも日本に接近する台風と関係ない南方洋上の台風ではその予報資料の作成は異なってくる。南方洋上については、台風経路図を使っての外挿法と、類似経路をたどった台風による類似法が主となる。しかし接近時においての予報はこうしたラフな予報法だけではなく種々の予報法を利用して予報を出している。台風進路の予報法は過去に数多くの予報法が発表されているが現業的に利用出来る2, 3の方法を連続して作成していくのが良い。(注:予報作業指針その5-台風予報-の中に種々の予報法を大別してのせている。) 現在気象庁では500 mb 空間平均法、北半球バランス・バロトロピック予報の500 mb 正うず度追跡法、それに地上気圧パターンを使った統計予報法(荒川, 1961, 1963)の三種類の予報法を使っている。

500 mb 空間平均法は台風を円形のうずと仮定し、このうずが大規模な一般流または指向流と呼ばれる上層の流れに沿って移動するという理論に基づく予想進路を、図式計算によって求めるものである。もちろん台風の規模や大きさによって一般流または指向流となる層の高さは違ってくるが、現業作業の内で行なっていく上では、通常非発散層と考えられる500 mb面を利用している。方法の手順の概略を述べる。

(1) 500 km 高度解析図により、台風じょう乱の半径  $r_0$  を求める。これは台風中心からの折り近し法によって8方位~16方位の高度の平均をとり、同心円の最大のものを台風じょう乱の半径  $r_0$  とする。

(2) 解析図から(1)で求めた半径  $r_0$  の台風を抜き出した一般流の場を求める。(1)で求めた台風の高度場を解析図に加えることによって除去する。

(3) 台風半径  $r_0$  の格子で空間平均する。

(4) コリオリ係数の緯度変化にもとづく効果(西進項または $\beta$ 効果という)を加える。

(5) 求めた等高線の走向から進行方向を、その間隔から地衡風を使って速度を求める。

以上のような作業手順で求めているが、手作業であるため、解析者によっては最終段階では違いを生ずる事がある反面、今までの経路図を加味しなでら予報資料を作成できる利点も多い。(図1予報例)

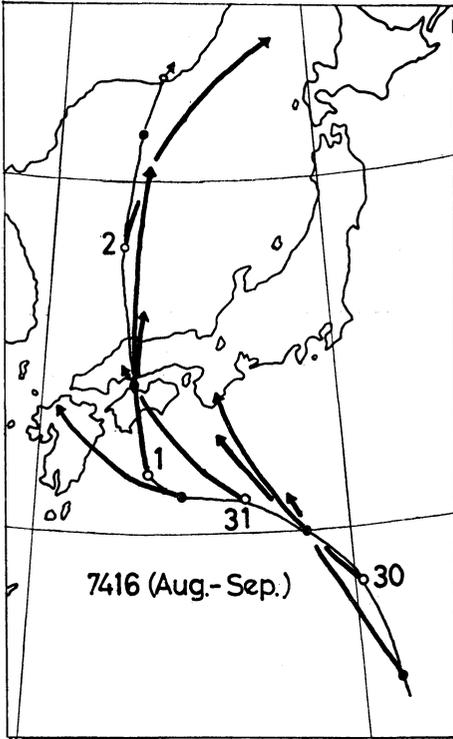


図1 500 mb 空間平均法による予報例  
0.00 Z・12 Z 矢印は24時間予報線

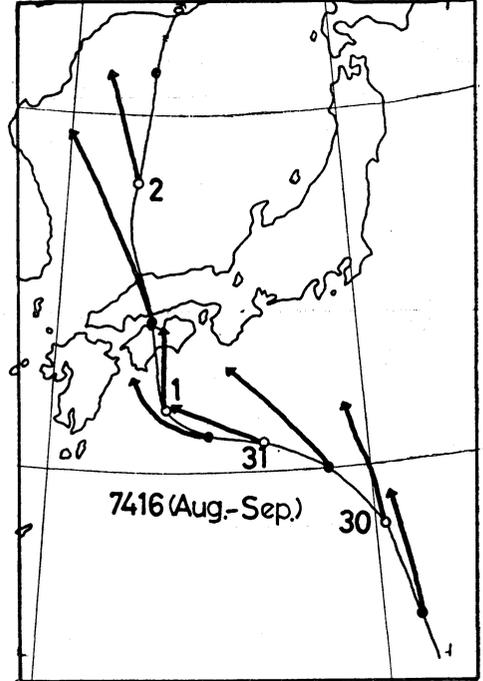


図2 北半球バランスパロトロピック予報による例  
0.00 Z・12 Z 矢印は24時間予報線

次に北半球バランス・パロトロピック予報の 500 mb 正うず度追跡法は、500 mb 高度の客観解析結果をもとにして、うず度方程式を用いてうずの時間変化を数値的に計算して求めたうず度を追跡する方法である。

うずの計算には地衡風近似よりも精度のよいバランス方程式が用いられているので台風のような強い円形うずの存在も格子間隔を細かにすればかなりの精度で計算出来るはずである。しかし現用モデルは格子間隔が381kmと粗く、計算誤差の増大を防ぐために初期値を与える段階で中心付近のうず度が極端に大きな値にならないよう、このモデルの予報式に見合うオーダーにうず度をカットし、台風を浅める操作がとられ、おおむね普通の低気圧と同じとし、そのふるまいも基本的には低気圧と全く同じである。つまり 500 mb 高度場から求められる流線関数の場によって台風のうず度が流されこのうず度の中心位置の移動によって台風の進路予報が出来る。

ここで作業上問題となるのはうず度の中心位置の決め方である。前述のような台風を浅めたり、381 km という大きな格子間隔でプリントアウトされるため、正確な

65	72	71	64	57	50	43	35	29	22	15	8	1
172	165	158	151	144	137	130	123	116	109	102	95	88
66	73	72	65	58	51	44	37	30	23	16	9	2
173	166	159	152	145	138	131	124	117	110	103	96	89
67	69	73	66	59	52	45	38	31	24	17	10	3
174	167	160	153	146	139	132	125	118	111	104	97	90
68	81	74	67	60	53	46	39	32	25	18	11	4
175	168	161	154	147	140	133	126	119	112	105	98	91
69	82	75	68	61	54	47	40	33	26	19	12	5
176	169	162	155	148	141	134	127	120	113	106	99	92
70	83	76	69	62	55	48	41	34	27	20	13	6
177	170	163	156	149	142	135	128	121	114	107	100	93
71	84	77	70	63	56	49	42	35	28	21	14	7
178	171	164	157	150	143	136	129	122	115	108	101	94

図3 地上パターンを表現するための格子点  
台風中心=格子点 No. 47. 格子間隔緯・経度 5度ごと。

中心位置を求めるのがむずかしく、おおむね等うず度線より中心とおぼしき点を求める。通常台風のうず管は鉛直としてあつまっている。しかし、うず度分布より求めた中心と地上の台風中心とは必ずしも一致しない。したがって予想位置の決定するにあたっては、初期値におけるずれを加算して求める。もちろん、中心軸の時間変化は無視しており、問題となる。次に、このモデルで予報たされ台風中心は予報時間の延長とともしだいに變形し、長く伸びた形となってくる。そして極端になると極

表1 荒川 (SFC) 法の計算シート, 読み取り値に乘ずる係数

台風番号 [ ]		年 月 日 時					
		T=12		T=24		T=48	
$\phi$	$\phi_0$	1.5595	$\phi_0$	2.2797	$\phi_0$	2.8977	
	$\phi_{-12}$	-0.3833	$\phi_{-12}$	-1.2540	$\phi_{-12}$	-1.8073	
	$\phi_{-24}$	-0.1734	$X_{90}$	0.1284	$X_{46}$	-0.5396	
	$X_{89}$	0.0553	$X_{52}$	-0.0692	$X_{40}$	0.2914	
	$X_{53}$	-0.0733	$X_{26}$	0.1821	$X_{90}$	0.2132	
	$X_{26}$	0.0750	$X_{39}$	-0.1293	$X_{25}$	0.2034	
		$\Sigma =$	-57.3		$\Sigma =$	-112.5	$X_{50}$
						$\Sigma =$	-106.6
$\lambda$	$\lambda_0$	1.3669	$\lambda_0$	1.6812	$\lambda_0$	1.8948	
	$\lambda_{-24}$	-0.3951	$\lambda_{-24}$	-0.7516	$\lambda_{-24}$	-1.0458	
	$X_{89}$	0.0682	$\phi_0$	0.7209	$\phi_0$	2.1311	
	$X_{13}$	0.1752	$\phi_{-12}$	-0.6115	$\phi_{-12}$	-1.7983	
	$X_{45}$	-0.0572	$X_{89}$	0.2443	$X_{13}$	0.6461	
	$X_{75}$	0.0575	$X_{21}$	0.3469	$X_{89}$	0.6245	
		$\Sigma =$	-242.3		$\Sigma =$	-589.6	$X_{17}$
						$\Sigma =$	-1037.6
$P$	$P_0$	1.0978	$P_0$	0.8613	$P_0$	0.6493	
	$P_{-12}$	-0.1470	$P_{-24}$	-0.3225	$P_{-12}$	-0.5141	
	$P_{-24}$	-0.1457	$\lambda_{-24}$	-0.3547	$\lambda_{-24}$	-0.6288	
	$\lambda_{-24}$	-0.1046	$X_6$	0.9063	$X_6$	2.6177	
	$X_6$	0.7267	$X_{46}$	1.0163	$X_{46}$	1.4297	
	$X_{10}$	0.2416	$X_{53}$	-0.9921	$X_{64}$	-1.3597	
		$\Sigma =$	-775.4	$X_{21}$	1,1259		$\Sigma =$
				$\Sigma =$	-1581.9	$\Sigma =$	

$\phi, \lambda = 0.1$  度単位 SFC  $P = mb$  単位

大値が2つ以上表われる場合がある。こうした場合うず度の先端側に着目した方が実況に近い事が多いが任意性が大きくなり問題として残る。なを伸張したうずの長軸方向は台風の経路とかなり一致する事も多いので参考になる。(図2, 予報例)

最後に地上気圧パターンを使った統計法は荒川が1956~1960年に発生した台風について統計処理した予報式を用いるもので台風中心から緯経度5度毎の格子(図3)の値を読んで予報式(表1)に入れて緯経度を計算する。統計法による場合、台風がスムーズな運動を行なっている時は結果は良好であるが不規則な運動を行なうものは極端な違いを生ずる事が多いので注意を要する。

以上3方法について概略をのべたが、台風予報の中でそれぞれが比較的異質の予報法であり、予報官が最終結論として予報を出す場合には、これらの予報法が得られた結果を総合的に判断して、12時間後および24時間後の位置を扇形によって表示発表している。

3. 予報の精度について

発表たされ予報の精度を論ずるには種々の方法があるが、ここでは現在行なっている扇形表示による発表形式

について考え、検証として1974年の台風予報を扱かって見た。

現在気象庁で行なっている台風進路予報は実況の時点から先12時間、24時間の予報を扇形によって表示している(資料1)。

各国それぞれの方法をもって発表しているが代表例としてJTWCの方法(資料2)は1点表示によっている。二者の予報を考えると扇形表示は、この範囲内に入った地域は台風の襲来の確率が高いことを示しており、それに対する備える必要とする。もちろん扇形内の他端を通った台風では無意な備えをした損失も出る可能性がある。一方一点表示による場合は、その予報の精度がどの程度かによって受け取った側が判断しなければならずその見積り方で損益が生ずるであろう。いずれの方法も一長一短があり、これが最良の方法といえない現状であろう。しかし予報精度が向上してくれば両者の間の差異な扇形幅の縮まりとともに少なくなるはずである。

今まで扇形幅については久米(1961)が経験から転向点付近は80°, それ以外は40°ぐらいで、扇形幅の広がり予報精度を表すものと見てさしつかえない、と述

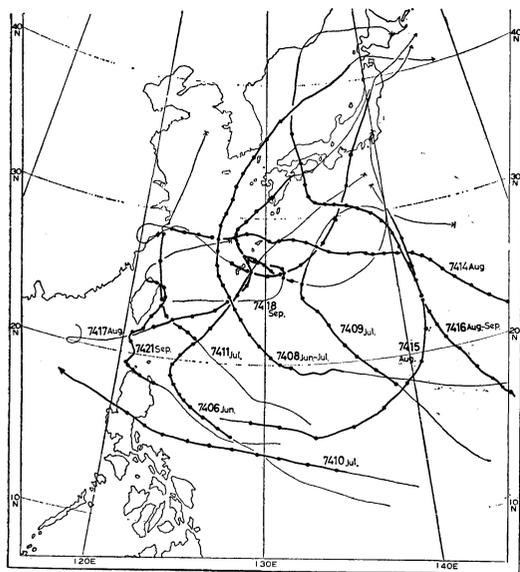


図4 台風経路図。調査に使用した時間6時間毎太線：台風期間 細線：弱い熱低または低気圧

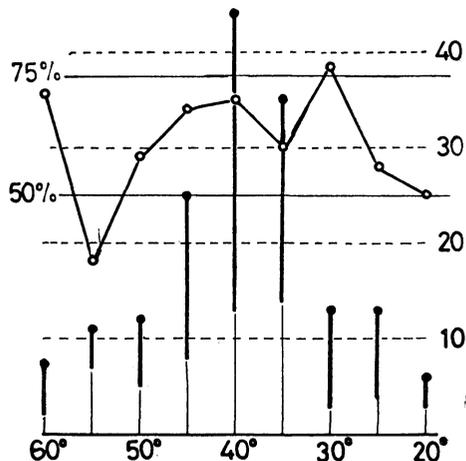


図5 扇形幅別の利用度数および適中率  
棒グラフ：利用度数細線部分がはずれの度数、右肩数字  
折線：適中率左肩数字

表2 各予報法の24時間予報に対する補正值  
進行方向+は時計廻りに加算(角度)  
進行速度は倍率数

	進行方向	進行速度
統計法 (荒川SFC法)	+ 4°	10 knot 以上 1.08
		〃 未満 0.82
空間平均法	転向前 -13°	10 knot 以上 1.07
	転向後 +2°	〃 未満 0.78
500 mb 正うず度追跡 法	960mb以上 -7°	10 knot 以上 1.33
	〃 未満 +10°	〃 未満 0.78

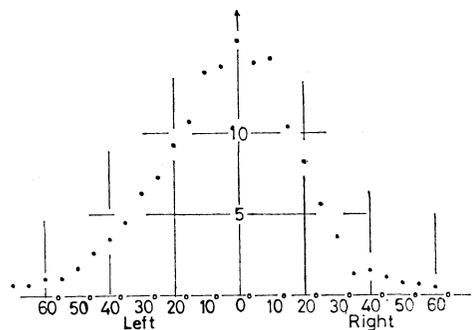


図6 実況と24時間予報中心線との角度差  
縦軸：度数

べており、また竹永等(1973)は発表例を用いて40°~50°が適当であろう、そしてこの扇形内を台風が進む確率がほぼ70%ということになる、とのべている。(調査資料は1970~1972の3年間の台風)。そして現業作業の手引として、あまり広い扇形を利用して予報の信頼度を落しては意味が無いから60°以内で表示するように決めている。

そこでここでは昨年1年間に行なわれた台風予報がどのような扇形内が示されたかを調べて見た。資料としては第4図に示す台風から166個の予報を取り出し、分類をして見た(第5図)。ここでの扇形幅は初期値と24時間

後の予報された2点とを直線で結んだ角度を示した。12時間後の予報は加味していない。まず利用された角度別の度数を見ると40°が最多で35°~45°のものが全体の63%を含め、55°以上の扇形はわずかに17例約10%であった。そして各角度別の予報の適中率を見ると55°のところは極端に悪くなった。これは予報の困難な場合においても極力扇形幅を60°以内にしよう努めている事が適中率の悪化に表われたものと思われる。全部の予報を総合して適中率は64%であり、特に30°~45°の適中率は70%近くとなった。また台風の速度別に見ると10ノット以下のおそい台風にはずれが多く15ノット以上の早い台風は適中率は80%を上まわった。つぎに予報の中心線と実況との関係を見る(第6図)。図中の度数は5°毎の5

表3 各予報法の精度 (24時間予報)  
上段 標準偏差, 下段 平均値, 進行方向は角度差 進行速度は比率(%)

		全資料	速度 10 kt		中心気圧 960 mb		転向前	転向中	転向後
			以上	未満	以上	未満			
進行方向	統計法 (荒川 SFC 法)	27.3 0.2	30.0 0.2	20.3 0.4	29.0 -2.0	24.7 3.2	23.7 2.8	26.2 -6.3	33.9 5.6
	空間平均法	14.6 5.5	15.5 4.5	11.4 7.9	14.2 3.2	14.6 8.4	14.6 0.5	11.1 8.3	16.2 11.7
	500 mb 正うず度追跡	34.4 -1.0	34.5 -3.9	33.0 6.8	25.0 6.3	41.9 -10.6	36.1 -2.2	35.5 -5.5	25.2 9.1
進行速度	統計法 (荒川 SFC 法)	30 98	26 91	32 118	28 92	32 107	33 104	29 98	21 86
	空間平均法	57 118	22 101	89 162	57 119	58 116	79 134	22 110	16 96
	500 mb 正うず度追跡	42 87	24 73	54 125	30 81	52 96	49 104	31 76	21 71

頃移動均平による値を示しており、左右 10° 以内に入ったものが約 50%, 20° で約 70%, 30° で 80% を示している。

以上昨年の結果を見ても現状においては扇形幅は予報の適中率を 70% くらいに見込んでおおむね 40° くらいが適当といえよう。

今までは進行方向のみに重点をおいた立場で予報の精度を論じた訳であるが、速度を加味して見ると、例えば浅野等 (1973) の調査にのべられているように 30% という結果も出ており、進行方向と速度をそれぞれ別個にあつかった調査例にくらべ極端に精度が悪く、問題をのこす。

次に個々の台風予報の精度や特徴についても知っておく事も大切である。この種の調査にはそれぞれの予報法で得られた資料を数多く集める必要があり、ここでは先へのべた竹永等の調査結果があるのでその一部を表 2 および表 3 に紹介する。

最後に

近い将来、極東海域上の台風は静止衛星の打ち上げによって、そのじょう乱をとりまく雲の連続観測も出来るようになり、熱帯じょう乱の機構の解明に一段と寄与されよう。また、現在においても多くの研究者が台風の機構と発達についての解明に努力を続け、台風のモデル化

が試みられており、こうした研究が現業に導入されるようになろう。しかしそれまでの間、今のままで予報を続ける訳にはいかない。現状において最良の方法を考えていかなければならない。たとえば、数種類の予報法の精度をより細かく分類して、台風がいかなる状態の時にいかなる予報法が最適かといった調査も続け、現在最終判断を予報官にたよっている訳だがもっと定量化する事も必要となろう。

最後に本稿は現業の作業内容を紹介することに重点をおいたのでその多くを現業作業の手引として書かれた予報作業指針の台風作業から引用させていただいた事を付記する。

## 文 献

- 荒川秀俊, 1961: 統計的数値予務法による伊勢湾台風の進路および中心気圧の予報, 研究時報, 13, p304-305.  
 気象庁, 1963: 気予庁技術報告, 21, P201-213.  
 気象庁予報部, 1974: 予報作業指針その 5, 台風予報, P36-113, 134-156.  
 気象庁, 1961: 気象庁技術報告, 伊勢湾台風調査報告, P893-899.  
 浅野 芳・山崎孝治・白井邦彦・竜田浅生, 1973: 台風の進路予想の精度, 研究時報, 25, 451-465.