

標準計画台風について (2)

光 田 寧

ON THE STANDARD PROJECT TYPHOON (2)

by Yasushi MITSUTA

Synopsis

The process of synthesizing the Standard Project Typhoon for use in planning and establishing typhoon design criteria for typhoon protection works is described in this paper. And an example of the Standard Project Typhoon 10m over land isovel pattern is also presented.

1 緒 言

著者は第1報¹⁾において台風による災害の対策を立てるための基準として用いるべき標準計画台風について提案し、その合成のための基礎的な資料の解析を行ったが、本報においては具体的に標準計画台風を合成するための方法について述べる。

2 標準計画台風の要素

前報¹⁾に述べた今日までに日本に来襲した台風の性状に関する調査の結果に基づいて標準計画の備えるべき性格を規定する要素の決定を行うことが出来る。その結果を各項目別に以下に記す。

1) 適用範囲

標準計画台風を適用する範囲は日本で台風が主に暴風の原因となっている地域、すなわち関東および北陸以西の地域とする。これは前報の Fig. 1 に基づいている。

2) 中心気圧

標準計画台風の強さを示す要素は中心気圧で、各地域別に発現頻度を考えた値として Table 1 に示すようなものを採用する。但し、この表に示した値は台風の上陸またはそれ以前における値であって、上陸後は1時間に 5mb の割合で高くなって行くものとする。Table 1 の値は前報¹⁾の Fig. 3 の値を平滑化したものであり、減衰の値は Fig. 7 の平均勾配である。

Table 1 Central Pressure on the coast or over sea

Area	Occurrence per 100 years			
	1	2	5	10
Kyushu	920 mb	930 mb	940 mb	950 mb
Shikoku	920	930	940	950
Kinki inc. Mie	920	930	940	950
Tookai exc. Mie	940	945	950	960
Kanto	940	945	950	960

3) 最大風速半径

一律に 50km とする。但し台風内の気圧分布として後に述べるように複合渦を考えるので減衰した場合合成された風の場の上での最大風速半径は実際にはこれより少しずつ大きくなって行く。この選択については後に述べる。

4) 進行方向

日本を横断する間はほぼ直線的に進むものと考え、その方向は NNE, 但し、ばらつきを考える必要がある時は NNW から NE の範囲内の値をとる。この範囲で過去の統計値の90%は含まれる。

5) 進行速度

平均的なものとしては 50km/hr を取るが、ばらつきを考える時は70から 20km/hr の範囲内の値をとる。この範囲で過去の統計値の90%は含まれる。

3 台風域内での気圧および風の分布に関する考察

台風域内での気圧および風の分布については既に多くの研究があり²⁾、なかでも藤田の式³⁾が多く用いられている。しかし、その表現方法はかえって複雑であり実用的ではない。また、台風の減衰して行く時に最大風速域が大きくなって行き、最大風速は比較的早く減衰するが、台風から 100乃至 200km 離れたところでの風速はその大きさを維持し最大風速域での最大風速に比例して減じることはなく、しかも詳しく見ると台風の中の風の分布は対称でなく東側に風の強い部分があるという過去の台風について共通に見られる事実をこのような式では表現することは出来ない。そこで、本報では日本に襲撃する強烈な台風は大きいあまり強くなくしかも減衰が早い渦とその中に発生した小さいが強烈で上陸と共に急速に減衰する渦との組合せよりなっているという考えに基づいた滑川の主副台風論⁴⁾を先きのモデル台風の場合と同様に用いることとした。

滑川の考え⁴⁾によれば台風域の気圧分布は次のような形で近似することが出来る。

$$P = P_{\infty} - \frac{\pi}{1 + \left(\frac{r}{b}\right)^2} - \frac{\pi'}{1 + \left(\frac{r'}{b'}\right)^2} \dots\dots\dots (1)$$

ここで P_{∞} は台風の周辺での気圧、 π および π' は主および副台風の中心気圧降下量、 r および r' は主副台風の中心からの距離、そして b と b' は主副台風の最大風速半径である。

日本に襲撃する強烈な台風についてはほとんどの場合 π はほぼ 30mb, b はほぼ 200km, b' は 50km であり、台風の日本横断中はほとんど変化せず、そして2つの渦の間の距離は約 150km で主台風は副台風の北西側にあると考えても良いのではないかと滑川⁴⁾は提案している。なお天気図に見られる台風の中心は強烈な副台風の中心とほぼ一致しており、最大風速域の半径も副台風のそれが見られる。しかし台風が上陸し次第に減衰を始めると副台風の気圧降下量が減少するので最大風速は減じるが、周辺域の風は主に主台風によって維持されていて、これは上陸後もあまり減衰しないから急速に弱くなることにはならない。また2つの回転系を合成する結果、風速分布の非対称性もこれで表わされる。

風速分布については各々の渦について *cyclostrophic balance* にある旋回系を考えそのベクトル合成であると考えることが出来る。各々の渦の風速分布の形は次のように示される。

$$V = V_0 \frac{2r}{1 + \left(\frac{r}{b}\right)^2} \quad \text{但し} \quad V_0 = \sqrt{\frac{\pi}{2\rho}} \dots\dots\dots (2)$$

上の考えに従えば π' のみが増える量で、これによる中心気圧および最大風速が決定される。上に述べた値を入れると台風中心での気圧 P_0 は近似的に次のようになる。

$$P_0 = P_{\infty} - \frac{30}{1 - \left(\frac{150}{200}\right)^2} - \pi' \dots\dots\dots (3)$$

台風の周辺の気圧 P_∞ は 1007mb ぐらいであるとする上式は

$$P_0 = 990 - \pi' \dots\dots\dots (4)$$

となる。従って中心気圧を指定することで π' は決定される。また 2つの回転系の最大風速域の一致した点があり、そこに最大風速が生じるから、その大きさは両者の和となる。すなわち

$$V_{max} = \sqrt{\frac{\pi}{2\rho}} + \sqrt{\frac{\pi'}{2\rho}} \dots\dots\dots (5)$$

となる。

台風の移動速度は台風内の風速分布に影響を与える。今単一の旋回系について考え、流線はいつも等圧線と一致していると考えたと流体粒子の軌道は系が移動すると共に等圧線とは異った曲率を取ることになる。その差は Blaton の公式によって次のように書ける。

$$\varphi_i = \varphi_l \left(1 - \frac{C \cos \theta}{U}\right) \dots\dots\dots (6)$$

ここで φ_i は軌道の曲率、 φ_l は等圧線の曲率、 C は系の移動速度で $\cos \theta$ は系の移動方向と風向のなす角である。従って、系が移動すると進行方向の右側では曲率は減少し左側では増加する事になる。そのため風速は右側で増加し左側で減じる。吉住⁵⁾の計算によればこのような効果は系の中心から離れたところではほとんど風速に影響せず、最大風速半径において進行方向右側の点で移動速度の50%に相当する風速の増加があることになる。

ここで述べた風速はいづれも地面の摩擦の及ばない上空での friction free wind speed に相当するものであり、防災対策に必要な地表付近での風を求めるには地面の摩擦に対する補正が必要である。上に述べた風速と普通基準に用いられる地上 10m の高さでの風速との比は先きに著者ら⁶⁾の調査によって海上で $\frac{1}{2}$ 、平らな陸地上で $\frac{1}{2}$ という値が提案されている。しかし、実際には森林や市街地あるいは立込んだビル街についての知識が必要なこともあるので、Davenport⁷⁾の研究などを参考として本報では上の値に森林あるいは市街地で $\frac{1}{2}$ 、ビル街で $\frac{1}{3}$ という値を加えることにする。また、地表近くでの風速の高さによる変化は次の指数則に従うものとし

$$V_z = V_{10} \left(\frac{z}{10}\right)^n \dots\dots\dots (7)$$

その指数としては、これも Davenport の考え⁸⁾に従って各々について $\frac{1}{10}$ 、 $\frac{1}{6}$ 、 $\frac{1}{4}$ および $\frac{1}{3}$ という値を用いることとする。

4 標準計画台風の合成

これまでに述べた考察に従って標準計画台風の合成を行う。風速を表示するに際しては、色々の条件のものを多く示すことは複雑になるから、これ以後では平らな陸地上の 10m の高さのものを基準として示すこととする。

1) 最大風速

中心気圧と最大風速との関係は Fig. 1 のようになる。なお台風域内でこのような風が吹く部分は極く限られたもので、極端には 1 点しかないから、ある地方に上陸する確率が百年に 1 回の台風による風速がその地域の各点で百年に 1 回期待される最大風速とは異なるものであることは注意しなければならない。ある特定の地点から見ればたとえ台風が上陸しても最強風域がその地点の上に来る確率はまた極めて小さく $\frac{1}{100}$ 程度のものである。

2) 風速分布

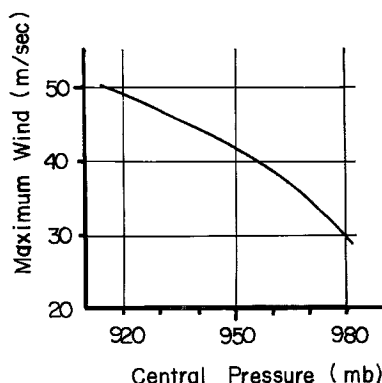


Fig. 1 Variation of maximum wind speed with typhoon central pressure.

前節の方法に従って標準計画台風内での風速分布が求められるが、中心気圧 920mb のものを例にとって計算した結果を Fig. 2 に示す。台風中心の南東側に強風域があり、風速 30m/sec 以上の地域は弓形に中心の南東半円をかこんでいる。その範囲は図からも明らかなおおろ広いのではなく、その大きさは 200km にも及ばない。図の外側には移動方向が矢印で示されている。この図に示した風向は偏角 30° に取ったものである。

中心気圧が衰弱によって上昇してもこの最強風域の風が弱くなるだけで、外側での風速分布はそれほど変わらない。

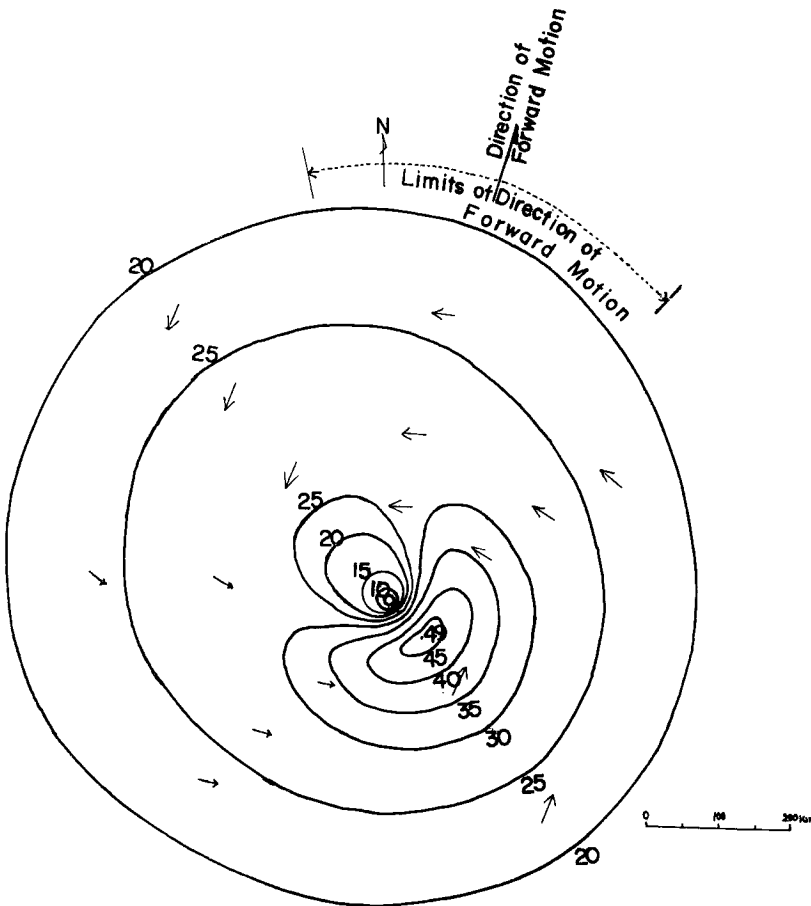


Fig. 2 An example of Standard Project Typhoon 10m over land isovel pattern for central pressure of 920mb.

3) 移動速度の補正

移動速度が特に大きい時には 20m/sec (76km/hr) 程度の値になるが、これにより最大風速域で上空風速に対して 10m/sec 補正を必要とすることになる。しかし、これを地表近くの基準の風速になおせば 5m/sec に過ぎない。従ってよほどの場合でない限り実際に用いる風速分布に対しては移動速度の補正をすることは実際上必要はないと言えるであろう。

4) 地表条件に対する補正

平坦な陸地上の高さ 10m の風速を基準として採用したが、これを種々の地表条件の異った高さで風速に換算するには基準の風速に Table 2 の係数を乗ずることによって求められる。2つの地域の境界の近くでは風速の大きい方の値を取る。

Table 2 Relative Wind Speed

		Open Sea	Flat Open Country	Woodland or Town	Urban Area
V_{10}/V_G		2/3	1/2	1/3	1/5
n		1/10	1/6	1/4	1/3
Height (m)	5	1.24	0.89	0.56	0.32
	10	1.33	1.00	0.67	0.40
	15	1.39	1.07	0.74	0.46
	20	1.43	1.12	0.79	0.50
	30	1.49	1.20	0.88	0.58
	50	1.56	1.31	1.00	0.68
	75	1.63	1.40	1.10	0.78
	100	1.68	1.47	1.19	0.89
	150	1.75	1.57	1.31	0.99
	200	1.80	1.65	1.41	1.08

5) 適用上の注意

第2章において示した上陸時の中心気圧のための地域分けはあくまでも上陸時の位置であって、上陸後、他の地域に入ることもあり得る。従って、たとえば中部地方（三重県を除く）では中部地方そのものに上陸した台風よりも近畿地方（三重県を含む）から入って来る台風の方が強い風を生ぜしめることがあり得ることになる。

台風が日本海側に抜けた時、台風そのものによる風は減衰しても、台風が既存の前線を刺激してその上に低気圧を急速に発達させることがある⁸⁾。このような問題については別に注意する必要がある。

5 結 語

このようにして合成された標準計画台風の風の分布を実際に応用する方策や台風に伴う雨に関する問題については別の機会に考えることとする。

参 考 文 献

- 1) 光田寧：標準計画台風について(1).京大防災研究所年報, 第8号, p. 605, 1965.
- 2) 笠原彰, 増田善信：台風論. p. 24, 1956.
- 3) Fujita, T. ; Pressure distribution in typhoon. Geophys. Mag., Vol. 23, p. 437, 1952.
- 4) Namekawa, T. & Aoki, S. ; On the structure of the disastrous typhoon hitting Japanese Islands.

Proceedings of the UNESCO symposium on typhoons, p. 55, 1954.

- 5) 吉住禎夫：移動する台風域内の風速分布の非対称性について．気象学会関西支部講演会予稿，1964
- 6) 山元竜三郎，光田寧：台風域内の風の分布の推算法．京大防災研究所年報，第5号A，p.139,1962
- 7) Davenport, A. A. ; The relationship of wind structure to wind loading. Paper presented at the Intern. Conf. on Wind Effects on Buildings and Structures, 1963.
- 8) 山元竜三郎，光田寧，宮田賢二：第二室戸台風通過時の強風の分布について．京大防災研究所年報，第6号，p. 113, 1963.