

被害台風の構造のモデル化について (3)

光田 寧・藤井 健・川平 浩二

STUDIES ON SEVERE TYHOON MODEL (3)

By Yasushi MITSUTA, Takeshi FUJII, Koji KAWAHIRA

Synopsis

The typhoon central pressures estimated with Schloemer's equation for radial pressure distribution are related to the time (t) and the distance (s) after typhoon center landed on Japanese Islands. The model typhoons with standard central pressure rise are constructed statistically and the maximum cyclostrophic winds of these typhoons are evaluated concerning with t and s .

1. 序 文

われわれは、1951年から1970年までの20年間に日本本土に上陸した台風のうち、上陸時の中心気圧が980mb以下の比較的強い38個の台風について、気象台・測候所における毎時観測値を収集、カード化して、気圧場について客観解析を行った。現在、その結果を統計的に処理して、日本本土に上陸した台風の一般的特性を明らかにし、防災計画の立案に利用できるような被害台風の構造のモデルの作成を試みている。

第1報¹⁾では、等圧線が台風を中心のまわりに同心円状に分布していると仮定し、半径方向の気圧分布を表わす3種類の実験式(V. Bjerknes²⁾, T. Fujita³⁾, R. W. Schloemer⁴⁾)により、台風の中心の位置、中心気圧、半径方向の気圧分布について客観的に解析する方法について述べ、さらに、解析例により、3実験式の表わす特徴について比較検討した。中心の位置、中心気圧、最大旋衡風半径については、3実験式の間には顕著な相違は存在しなかったが、周辺気圧については、Bjerknesの式による解析結果は、他の2式に比べて、10mb程度も低く算出される傾向があり、現実の値に比べると不合理な値を示すことがわかった。

第2報⁵⁾では、全解析例について比較検討を行った結果、Fujitaの式とSchloemerの式の間には顕著な差はみられなかった。そこで、今後、気圧分布をもとにして風速分布についてのモデルを作成することを考慮して、相対渦度の半径方向の分布の形が、実測された分布の形と最もよく一致しているSchloemerの式、

$$p = p_c + (p_\infty - p_c) e^{-\frac{x}{r}} \dots \dots \dots (1)$$

による解析結果を調べて、台風の一般的特性を明らかにし、台風の構造のモデルを作成することにした。この式で、 p は半径 r における気圧、 p_c は中心気圧、 p_∞ は周辺気圧、 $x = r/r_m$ で、 r_m は最大旋衡風速半径である。また、第2報においては、式(1)による解析結果をもとにして、3地域に分けた上陸地域ごとに上陸時の中心気圧の再現期間について調べた。

第3報として、この論文では、上陸後の台風の一般的性質を調べるために、中心気圧の上昇に着目した統計的解析を行うことにする。すなわち、上陸後の中心気圧の上昇が上陸後の時間経過と移動距離とどの程度関連しているかを調べて、上陸後の標準的な中心気圧の上昇をもっているモデル台風を作成することにする。今後、われわれは、上陸後の移動方向、速度の変化、半径方向の気圧分布の変化、風速分布の変化などの一般的特性を調べ、一層詳細な内容をもつモデル台風を作成する予定である。

2. 上陸後の時間経過と中心気圧の上昇

一般に、台風は、上陸後、地表面摩擦や海面からの顕熱・潜熱の補給が断たれることなどにより、風速は

次第に弱まり、中心気圧は上昇し、勢力は減衰していく。台風の減衰過程は、地表面の状態、台風の内部構造、台風をとり囲むより大規模な流れなどにより影響を受け、すべての台風を画一的に扱うことは問題があるであろう。しかし、この研究は、あくまで、日本本土に上陸した台風の一般的特性を明らかにすることを目的としているので、この論文では、平均的な中心気圧上昇率をもつモデル台風を想定し、その上陸後の減衰過程における中心気圧の上昇を表現することにする。また、中心気圧の上昇にともなうこのモデル台風の最大旋衡風速の変化を調べることにする。

この節では、上陸時刻（台風の中心が日本本土の平滑した海岸線を初めて越えた後の最初の毎時観測時刻と定義し、1時間未満の誤差がある）からの時間経過と中心気圧の上昇との間の関係を調べる。その方法については、まず、個々の台風について、上陸後中心気圧 (p_c) が、930mb, 935mb, 940mb, ... のように 5mb ごとにその気圧に達するのに要する時間 (t) を求める。このさい、各観測時刻における中心気圧の上昇率は一定であると仮定する。台風によっては、中心気圧が上昇と下降とを繰り返す場合があるが、このような場合には、上昇中に上述の 5mb ごとの中心気圧を越える時刻を求め、同じ気圧について平均することにする。また、観測資料の不足などにより解析の行えなかった時刻については、前後の時刻における中心気圧から内挿によりその時刻の中心気圧を求める。

解析の対象とした台風は38個あったが、6619号台風は豊後水道にそって北上したため、中心付近に資料が不足し、中心付近で厳密な解析が行えず、中心気圧は 985mb 以上に算出されたので、この台風は除外する。また、6420号台風は、豊後水道を横断したが、中心が豊後水道の中央付近にあった時刻においては、中心付近に観測資料がなく、中心気圧の算出が困難であったので、この時刻の中心気圧は前後の時刻から内挿することにする。6524号台風については、副低気圧が発生し、勢力がその方へ移った後の時刻については解析から除外する。

上陸後の中心気圧の上昇 ($p_c - p_{c0}$) とそれに要する時間 (t) との関係は Fig. 1. (a)~(h) に示されるよ

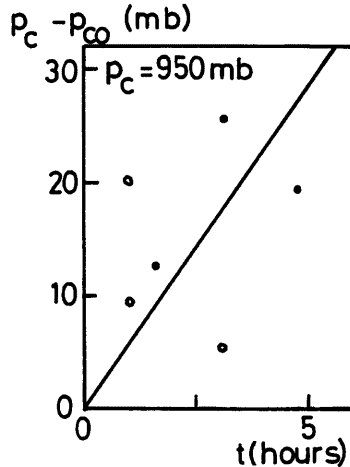


Fig. 1 (a). The relation between time (t) after landing on Japanese Islands and central pressure rise ($p_c - p_{c0}$), where $p_c = 945$ mb. Circle o indicates typhoon landed on A area (Kyushu District), dot ·, on B area (Shikoku and Kinki District including Mie Prefecture), and cross ×, on C area (Tokai and Kanto District excluding Mie prefecture).

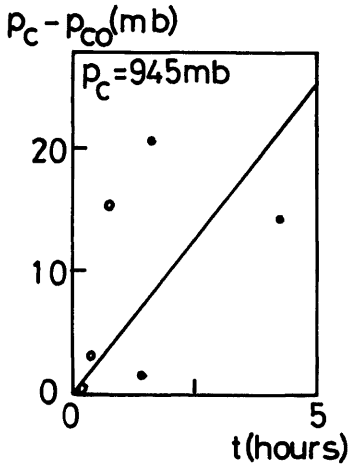


Fig. 1 (b). Same as Fig. 1 (a), except $p_c=945$ mb.

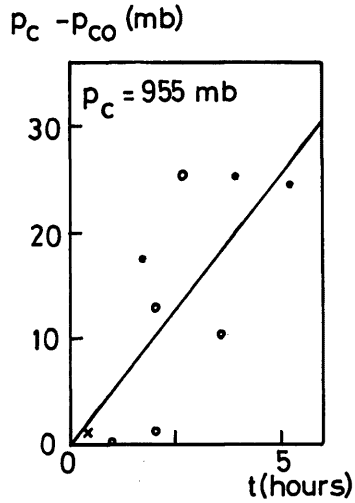


Fig. 1 (c). Same as Fig. 1 (a), except $p_c=955$ mb.

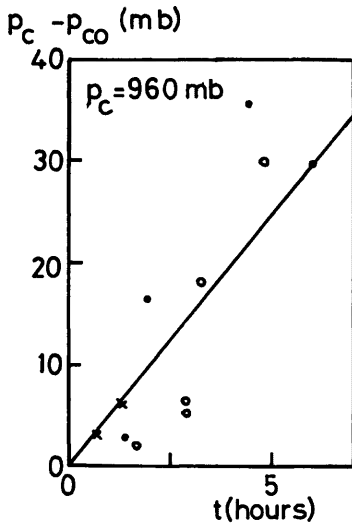


Fig. 1 (d). Same as Fig. 1 (a), except $p_c=960$ mb.

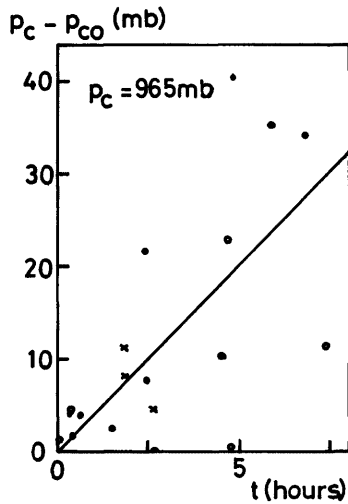


Fig. 1 (e). Same as Fig. 1 (a), except $p_c=965$ mb.

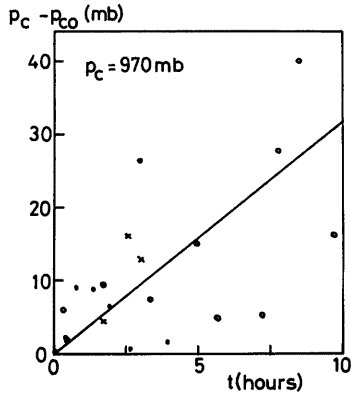


Fig. 1 (f). Same as Fig. 1 (a), except $p_c = 970 \text{ mb}$.

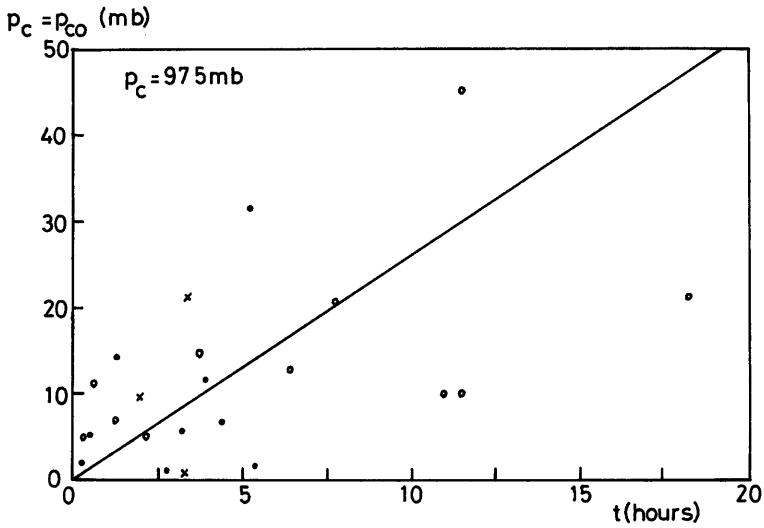


Fig. 1 (g). Same as Fig. 1 (a), except $p_c = 975 \text{ mb}$.

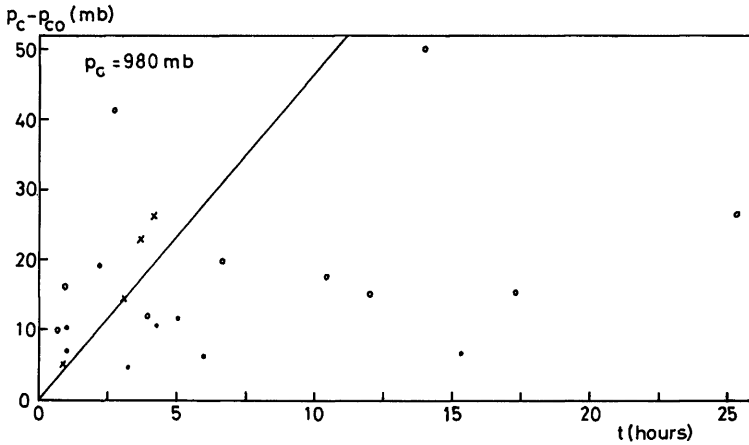


Fig. 1 (h) Same as Fig. 1 (a), except $p_c=980$ mb.

うになる。ただし、 p_{c0} は上陸時の中心気圧である。 $p_c \leq 940$ mb については図示していないが、それは対象とする台風が3個以下になり、平均的な中心気圧上昇率を求めるのが困難であるので、 $p_c=945$ mb に達するまでの中心気圧の平均上昇率から t を求めることにする。これらの図においては、 t と $p_c - p_{c0}$ の間の関係はかなりばらついているが、どの程度の相関があるかを調べるために相関係数を求めて **Table 1** に示す。

Table 1. Correlation coefficients between the central pressure rise ($p_c - p_{c0}$) and time (t) after landed on the Japanese Islands.

p_c (mb)	945	950	955	960	965	970	975	980
correlation coefficient	0.47	0.33	0.77	0.85	0.64	0.64	0.53	0.42

相関係数は0.33~0.85であり強くはない。これは、台風を中心気圧の上昇は上陸後の時間経過だけで、すべての台風を画一的に議論することはできないということを表わしているが、ここでは、 t と $p_c - p_{c0}$ の間の関係が平均的なものである台風のモデルを想定し、上陸後の時間経過ともなうそのモデル台風の中心気圧の上昇を議論する。

t と $p_c - p_{c0}$ が比例関係にある、すなわち、上陸後の中心気圧の平均上昇率が p_c のみの関数であると仮定すると、 t と $p_c - p_{c0}$ の間の関係は **Fig. 1 (a)~(h)** において直線で図示されているようになる。このような平均的な中心気圧上昇率をもつモデル台風を想定し、上陸後の時間経過ともなう中心気圧の上昇を **Fig. 2** に示す。ただし、 p_{c0} が 940 mb 以下の台風の中心気圧が 945 mb に達するまでは、中心気圧上昇率は一定としてある。

この図によると、上陸後の時間経過ともなう中心気圧の変化は比較的滑らかであり、上陸直後は中心気圧上昇率は大きい、次第に小さくなっていく。その値は、 $p_{c0}=950$ mb の場合を例にとると、上陸直後は 5mb/hour 程度であるが、 $p_c=975$ mb (上陸後9.6時間) に達すると 1.5mb/hour 程度となる。

また、このモデル台風はいかなる台風と似た形の中心気圧の上昇を表わしているかを見るために、解析の対象とした台風のうち、上陸時の中心気圧が 940mb 以下の3個の台風——伊勢湾台風 (5915号)、第2室戸

台風 (6118号), 6420号台風——の単純化した中心気圧上昇を Fig. 2 に破線で示してある。これによると, p_c が 955mb 以下では, 伊勢湾台風と比較的によく似た上昇を表わしている。

次に, Schloemer の式(1)で気圧分布が表わされるとき, 最大旋衡風速 (v_c) は, 最大旋衡風速半径 (r_m) に独立であり,

$$v_c = \sqrt{\frac{p_\infty - p_c}{\rho e}} \dots\dots\dots(2)$$

と表わされる。この式で, ρ は空気密度である。 p_∞ の値としては, 全解析例の平均値である 1000.9mb

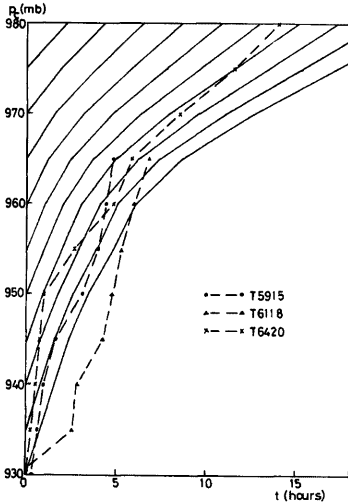


Fig. 2. The central pressure (p_c) of the model typhoon as a function of time after landing on Japanese Islands. The broken lines indicate the simplified central pressure change for Typhoons 5915, 6118 and 6420.

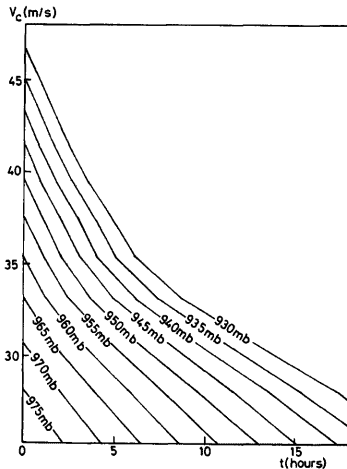


Fig. 3. The maximum cyclostrophic wind speed (V_c) of model typhoon as a function of time (t) after landing on Japanese Islands. Numerical values labeled on the lines indicate the central pressure at landing time.

を使うことにし, $\rho = 1.2 \text{ kg/m}^3$ とすると, Fig. 2 に示された中心気圧の時間変化にともなう v_c の変化は, Fig. 3 に図示されるようになる。この図と Fig. 2 によれば, 上陸時の中心気圧が 950 mb の台風を例にとると, 上陸時に $v_c = 40 \text{ m/sec}$ で, 上陸 2.0 時間後に $p_c = 960 \text{ mb}$, $v_c = 35 \text{ m/sec}$ となり, 6.3 時間後に $p_c = 970 \text{ mb}$, $v_c = 31 \text{ m/sec}$ となり, 12.9 時間後には $p_c = 980 \text{ mb}$, $v_c = 25 \text{ m/sec}$ に減衰することを表わしている。

3. 上陸後の移動距離と中心気圧の上昇

前節では, 上陸後の時間経過にともなう中心気圧の上昇についてのモデル化を試みたが, 台風の減衰は上陸後に移動した距離とも関係があると考えられ, この節では, 上陸後の移動距離と中心気圧の上昇との関係について調べることにする。

Fig. 1 と同様にして, $p_c \geq 945 \text{ mb}$ について, $p_c - p_{c0}$ と上陸後中心気圧が p_c に達するまでに移動した距離 (s) との関係について図示すると, Fig. 4 (a)~(h) のようになる。資料のばらつきを見るために,

$p_c - p_{c0}$ と s との間の相関係数を求めて Table 2 に示す。相関係数は0.25~0.81で Table 1 に示した t と $p_c - p_{c0}$ との間の相関係数と大差はなく、 $p_c - p_{c0}$ が t に対して相関が強い中心気圧においては、 s に対しても相関が強くなっている。また、 $p_c \leq 960$ mb では、 t の方にやや相関が強く、 $p_c \geq 965$ mb では s の方に相関がやや強い傾向がみられる。

前節の t にもなう p_c の変化と同様に、 s にもなう p_c の変化をモデル化するために、Fig. 4 において、 $p_c - p_{c0}$ と s が比例関係にあると仮定して、直線で近似する。この仮定のもとに想定されたモデル台風の s にもなう p_c の変化を図示すると Fig. 5 のようになる。この図を、Fig. 2 の t にもなう p_c の変化の場

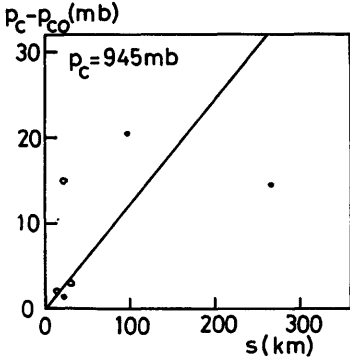


Fig. 4 (a). The moving distance (s) of typhoon center from the time landed on Japanese Islands (central pressure p_{c0}) to the time for central pressure (p_c) to fill to 945 mb. Circle o, dot · and cross × are same as Fig. 1(a).

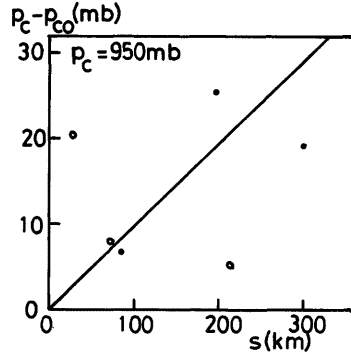


Fig. 4 (b). Same as Fig. 4 (a), except $p_c = 950$ mb.

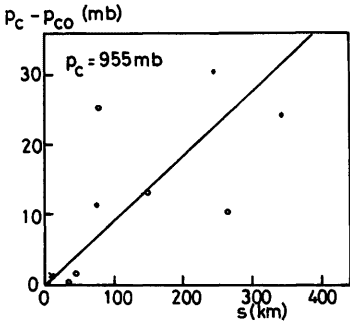


Fig. 4 (c). Same as Fig. 4 (a), except $p_c = 955$ mb.

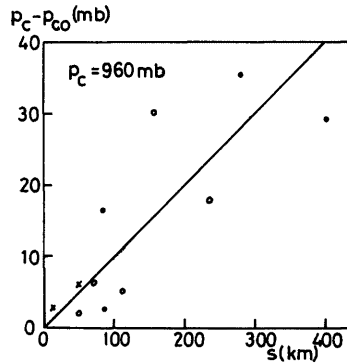


Fig. 4 (d). Same as Fig. 4 (a), except $p_c = 960$ mb.

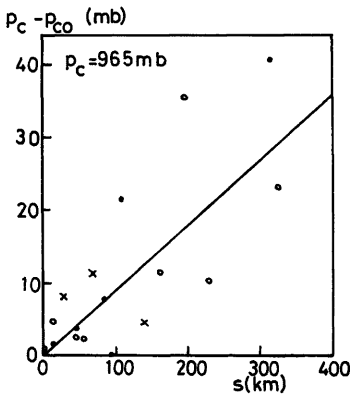


Fig. 4 (e). Same as Fig. 4 (a), except $p_c=965$ mb.

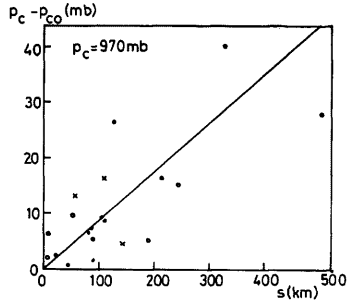


Fig. 4 (f). Same as Fig. 4 (a), except $p_c=970$ mb.

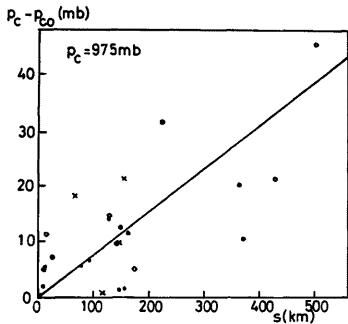


Fig. 4 (g). Same as Fig. 4 (a), except $p_c=975$ mb.

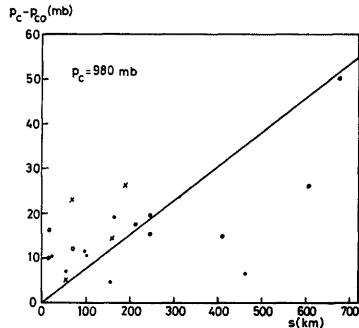


Fig. 4 (h). Same as Fig. 4 (a), except $p_c=980$ mb.

Table 2. Correlation coefficients between the central pressure rise ($p_c - p_{c0}$) and moving distance (s) after landed on the Japanese Islands.

p_c (mb)	945	950	955	960	965	970	975	980
correlation coefficient	0.51	0.25	0.67	0.81	0.80	0.77	0.69	0.60

合と比べると、 t ともなう場合の方が滑らかに変化している。また、一定の移動距離に対する中心気圧の上昇量は p_c の上昇につれてほとんど変化がなく、8 mb/100 km 程度である。この図には、伊勢湾台風(5915号)、第2室戸台風(6118号)、6420号台風について単純化した中心気圧の上昇を破線で示してあるが、上陸後の時間経過に対する場合と同様に、このモデル台風は伊勢湾台風にも最も似た変化を表現している。

次に、 $\rho=1.2\text{kg/m}^3$ 、 $p_\infty=1000.9\text{mb}$ として算出した最大旋衡風速 (v_c) の上陸後の移動距離にもな

う変化を Fig. 6 に図示する。この図と Fig. 5 によると、例えば、上陸時に $p_c=950\text{mb}$, $v_c=40\text{m/sec}$ のモデル台風は、99km 移動すると $p_c=960\text{mb}$, $v_c=35\text{m/sec}$ となり、229km 移動すると $p_c=970\text{mb}$, $v_c=31\text{m/sec}$ となり、525km 移動すると $p_c=980\text{mb}$, $v_c=25\text{m/sec}$ に減衰していく。

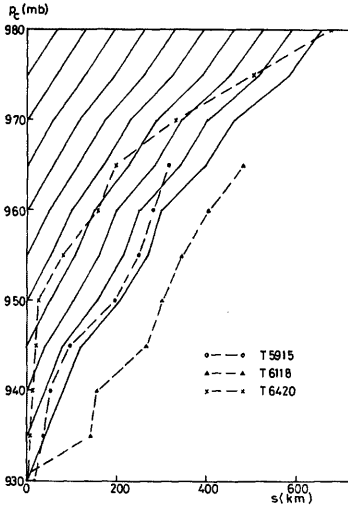


Fig. 5. The central pressure (p_c) of the model typhoon as a function of moving distance (s) after landed on Japanese Islands. The broken lines indicate the simplified central pressure change for Typhoons 5915, 6118 and 6420.

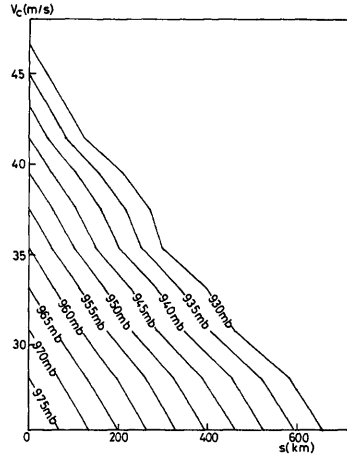


Fig. 6. The maximum cyclostrophic wind speed (V_c) of model typhoon as a function of moving distance (s) after landing on Japanese Islands.

前節での t に対する結果と、この節での s に対する結果を結合すると、このモデル台風の移動速度が中心気圧の関数として求まり、Table 3 に示す。これによると、中心気圧が低いほど移動速度は大きい傾向がある。

Table 3. Movement speed of the model typhoons.

central pressure (mb)	940 ~945	945 ~950	950 ~955	955 ~960	960 ~965	965 ~970	970 ~975	975 ~980
movement speed (km/hour)	51	60	55	49	46	36	34	30

4. 結 語

われわれは、上陸後の台風の中心気圧の上昇についての一般的特性を明らかにするため、前年度に報告した Schloemer の式による台風の気圧分布についての解析結果を統計的に処理して、中心気圧の上昇が上陸

時刻からの時間経過と上陸後の移動距離にどの程度関連しているか調べた。これをもとにして、平均的な中心気圧上昇率をもつモデル台風を想定し、上陸後の時間経過や移動距離にともなう中心気圧の上昇および最大旋衡風速の変化を上陸時の中心気圧の関数として表わすことができた。

このモデル台風は次のような特徴をもっている。

- (1) 中心気圧の上昇率は上陸後の時間とともに徐々に小さくなっていくが、とくに、960~965 mb に中心気圧が達すると、著しい変化がある。上陸時の中心気圧が 950mb のモデル台風を例にとると、上陸直後は中心気圧上昇率が約 5mb/hour であるが、中心気圧が 975mb に達した頃（上陸後 9.6 時間後）には約 1.5mb/hour になっている。
- (2) 上陸後の移動距離にともなう中心気圧の上昇は、時間経過に対する場合ほど著しい変化はなく、移動距離にほぼ比例していて、8mb/100km 程度である。
- (3) このモデル台風の移動速度については、中心気圧の低い場合ほど、移動速度は大きい傾向がある。

この結果を利用して、内陸地域において、上陸時の中心気圧から、その地域へ台風が襲来した場合の中心気圧について大体の目安をつけることができるが、今後われわれは、序文でも述べたように、気圧分布についての解析結果を統計的に処理して、減衰過程における気圧分布の変化、中心の移動方向・速度の変化、風速分布の変化などの日本本土に上陸する台風の一般的特性を明らかにし、モデル台風を完成させていく予定である。

参 考 文 献

- 1) 光田 寧・藤井 健・川平浩二：台風の構造のモデル化について(1)，京大防災研究所年報，第17号，1974，pp. 227-234.
- 2) Bjerknes, V.: On the Dynamics of the Circular Vortex with Applications to the Atmosphere and Atmospheric Vortex and Wave Motions, Geophysiske Publikationer, Vol. 2, 1921, pp. 1-81.
- 3) Fujita, T.: Pressure Distribution in Typhoon, Rep. Met. Lab., Kyushu Inst. of Teihn., Vol. 2, No. 1-2, 1952.
- 4) Schloemer, R. W.: Analysis and Synthesis of Hurricane Wind Patterns over Lake Okeechobee, Florida, Hydrometeorological Report, No. 31, 1954, pp. 1-49.
- 5) 光田 寧・藤井 健・川平浩二：被害台風の構造のモデル化について(2)，京大防災研究所年報，第18号，1975，pp. 229-245.

京大防災研究所年報 18 号 B の訂正

頁	台風名	年 月 日 (J.S.T.)	時 刻 (J.S.T.)	訂 正 箇 所	誤	正
238	5822	'58. 9. 27	3	解析結果 p_c	999	989
244	7002	'70. 7. 5	23	解析結果 p_∞	980	997