

1991年台風19号による風と被害との関係について

光田 寧・藤井 健

RELATION BETWEEN WIND SPEED IN TYPHOON 9119 (MIREILLE) AND DAMAGE RATE OF HOUSES

By *Yasushi* MITSUTA and *Takeshi* FUJII

Synopsis

Severe storm of Typhoon 9119 (MIREILLE) caused damages to about 680 thousand houses over the Japanese Islands¹⁾. The distribution of the surface wind speed of this typhoon was estimated from the objectively analyzed pressure pattern²⁾, in consideration of the characteristics of a radial wind distribution and the surface roughness. The estimated wind speeds represent well the surface wind speeds observed at the weather stations.

The damage rate of houses is not clearly related with the maximum estimated wind speed, but the frequency of loss occurrences of houses, F_l , is related closely with the maximum wind speed, V_S , with the correlation coefficient of 0.71. F_l increases in proportion to the 5.5th power of V_S and the relation between them is represented as $F_l = 3.9 \times 10^{-4} V_S^{5.5}$, where F_l and V_S are measured in % and ms^{-1} , respectively. The result obtained in this study will be applied to simulate the house damage distribution by severe typhoons in a succeeding study.

1. はじめに

1991年9月27日に長崎県佐世保市南に上陸した台風19号は強い勢力をもった台風であり、九州北部、中国、北陸、東北地方日本海側を中心として強風による被害が発生した。この台風による住家の被害は全壊1,056棟、半壊13,482棟、一部損壊665,616棟に達したが、これらの住家の被害はほとんど強風によるものであった。また、これら被害を受けた住家の棟数は全国世帯数の1.6%に相当するものであった¹⁾。

台風19号の強風の気象学的特性については、平成3年度の年報²⁾で報告したが、ここでは、気圧場の客観解析の結果を用いて、九州、四国、中国の3地方について市区町村別に地表風速を推算し、その最大値と住家の被害率、全半壊率、および住宅物件火災保険支払率との関係について調べた結果について報告する。

2. 住家の被害の分布

住家の全壊率、半壊率、被害率については、次のように定義することにする¹⁾。

(1) 全壊率—住家の損壊した部分の床面積がその住家の延べ面積の70%以上に達したもの、または、住家の主要構造物の被害額がその住家の時価の50%以上に達したものを全壊と定義する。本来、各市区町村の総棟数に対する全壊した住家の棟数の割合が全壊率であるが、ここでは、総棟数の代わりに総世帯数を用いた

もので代用する。

(2) 半壊率—住家の損壊した部分の床面積がその住家の延べ面積の20%以上70%未満のもの、または、住家の主要構造物の被害額がその住家の時価の50%以下のものを半壊と定義する。半壊率についても、全壊率と同様に、各市区町村の総世帯数に対する半壊した住家の棟数の割合とする。

(3) 被害率—半壊に至らない程度の被害があったものを一部損壊という。各市区町村の総世帯数に対する全壊・半壊・一部損壊の住家の合計棟数の割合を被害率とする。

なお、本研究で用いる全壊、半壊、一部損壊の市区町村別棟数は都道府県調に基づく1992年10月現在の値を用い、世帯数は住民基本台帳に基づく1991年4月1日現在の値を用いた。

(4) 罹災率—上の統計は地方公共団体の調査によるものであるが、最近では、火災保険で台風災害の補償が行われていて、その支払件数から被害を調べることができる。住宅物件についての火災保険加入件数に対する保険金支払件数の比を罹災率と定義し、住家の被害の割合の一つの指標とする。この場合は免責額があるので、被害率よりも小さい値を示す。しかし、1件ずつ査定されたものであるため、比較的正確な被害数を示している。損害保険料率算定会の好意により、この資料を使用させていただいた。

2.1. 住家の被害率

上述のように住家の被害率を定義すると、九州、四国、中国3地方における市区町村別の被害率の分布は Fig. 1 のようになる。この図で、被害率は、市区役所および町村役場の所在地にプロットしてある。この

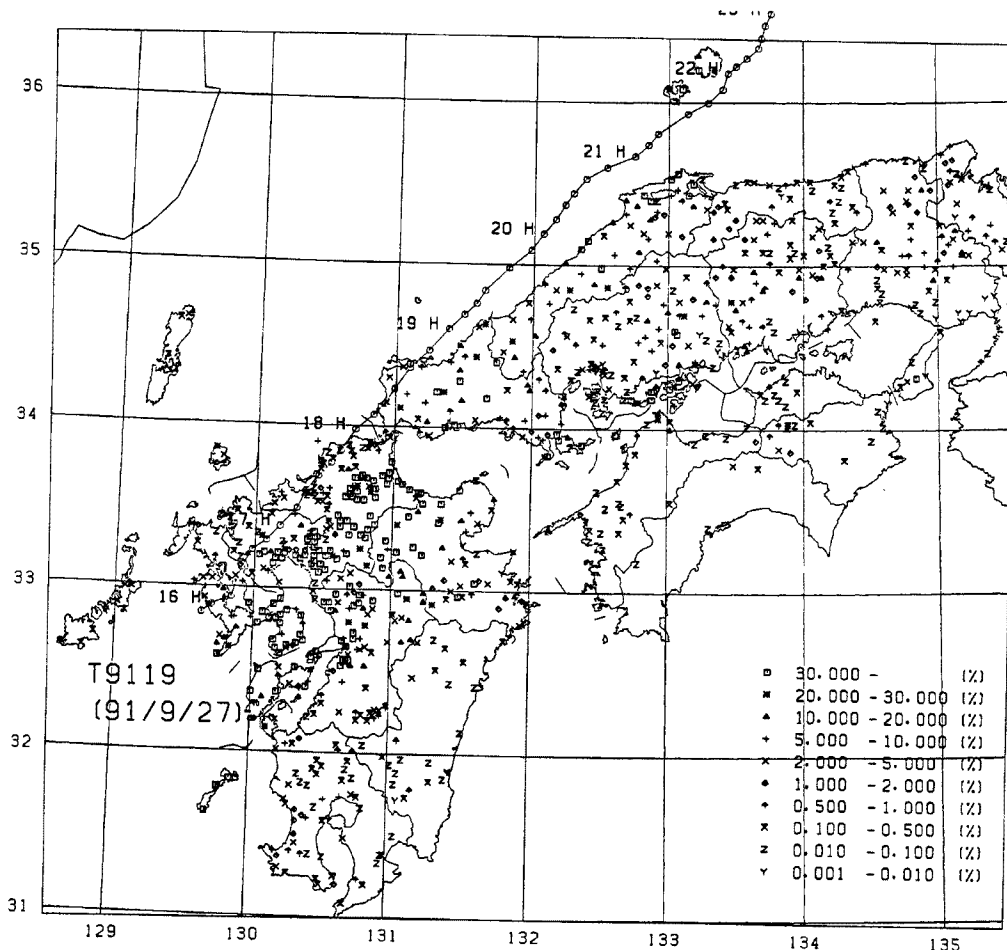


Fig. 1. The distribution of damage rate of houses in Kyushu, Chugoku and Shikoku Districts

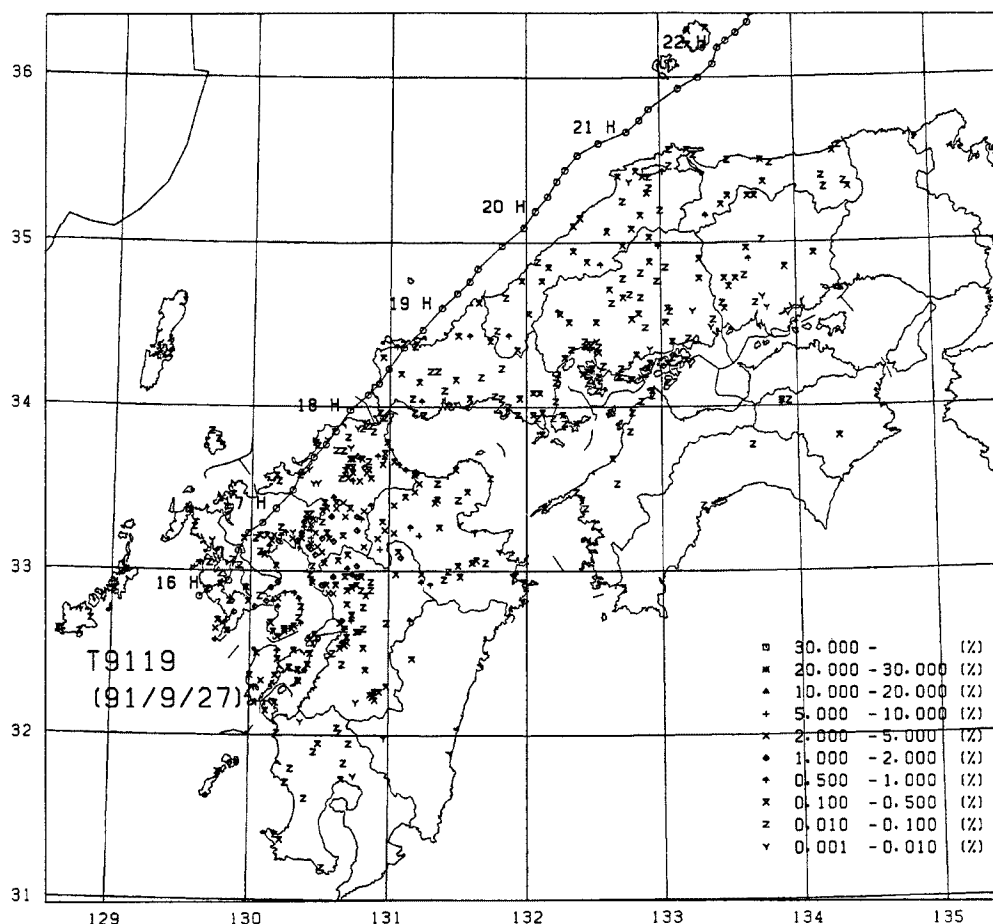


Fig. 2. The distribution of rate of completely or partially destroyed houses in Kyushu, Chugoku and Shikoku Districts

図によると、島原半島、筑紫平野、直方平野南部、日田盆地、行橋平野では、被害率が50%を超えている市町村が多く、吉富町、大和町、大川市などでは95%を超えている。これに対して、台風の中心がすぐ近くを通過した長崎県中部と北部、佐賀県中部、福岡北部では、ほとんどの市区町村で10%以下である。

中国四国地方では、柳井付近、および瀬戸内海の島々や山陰の日本海沿岸でも50%を超えている市町村がある。

2.2. 住家の全半壊率

全壊率と半壊率を合算したものを全半壊率とし、住家の市区町村別全半壊率の分布は Fig. 2 のようになる。

長崎半島、諫早平野、筑紫平野および日田盆地では、全半壊率が1%を超えている市町村が多い。なかでも、5%を超えている市町村があり、それは、長崎県野母崎町(6.0%)、福岡県の城島町(8.4%)、大分県の中津江村(8.6%)、九重町(5.4%)である。これに対して、中心の経路から20km以内では、ほとんどすべての市区町村で0.5%未満である。

中国地方でも、全半壊率が1%を超えている市町村がある。この中で2.0%を超えているのは、瀬戸内海の島島の山口県の東和町(2.9%)、広島県豊町(2.4%)および愛知県中島町(3.1%)である。

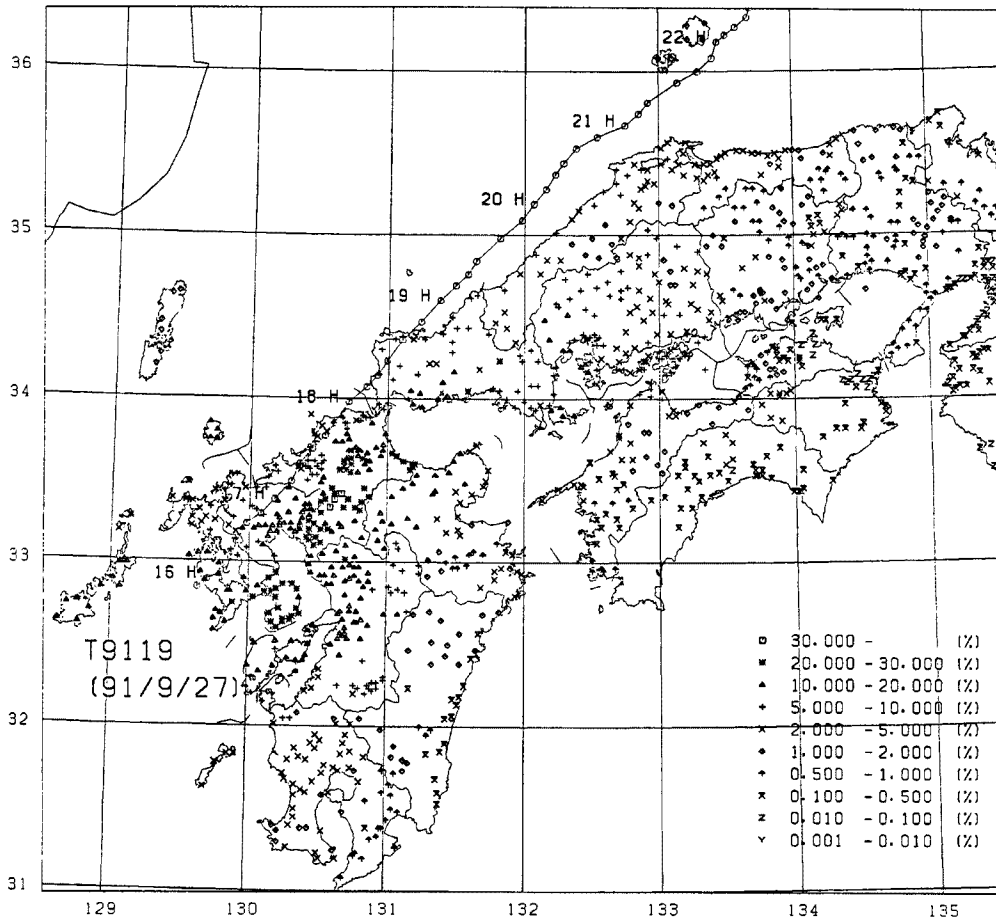


Fig. 3(a). The distribution of frequency of loss occurrences of houses in Kyushu, Chugoku and Shikoku Districts

2.3. 住家の罹災率の分布

市区郡単位の住宅物件建物の罹災率の分布は、**Figs. 3(a)~(d)** に示すようになる。なお、この図で、郡部の罹災率はその郡内の町村役場の位置（複数個の場合がある）に示してある。

九州、中国、四国地方では、島原半島、筑紫平野から行橋平野にかけての福岡県中部で罹災率が高く、ほとんどの市区郡で20%を超えている。罹災率が20%を超えるこの地域は幅 25 km、長さ 150 km の帯状に広がっていて、台風を中心の経路とはほぼ平行に、進行方向の右側 25~50 km にある。この域内の中央あたりにある福岡県甘木市で最大で、32.1%であり、次いで、この市の南西に隣接した三井郡で31.6%であり、罹災率が30%を超えているのはこの2箇所である。中国地方で罹災率が高いのは山口県で、防府市と都濃郡で20%を超えていて、10~20%の場所が山口県から広島県にかけて存在している。四国地方では5%以下である。近畿から関東、北陸地方にかけては、能登半島の七尾市が12.6%で最も大きく、北端部で5~10%の市あるいは郡が存在する。福井県から石川県にかけてと新潟県の佐渡島では、多くの市や郡で2~5%になっている。さらに、東北地方では、秋田県から青森県で1%を超えている市および郡が多く、青森県南津軽郡で最大で、10.4%に達している。北海道地方では、すべて0.5%以下であり、大きい被害が発生した市や郡はない。

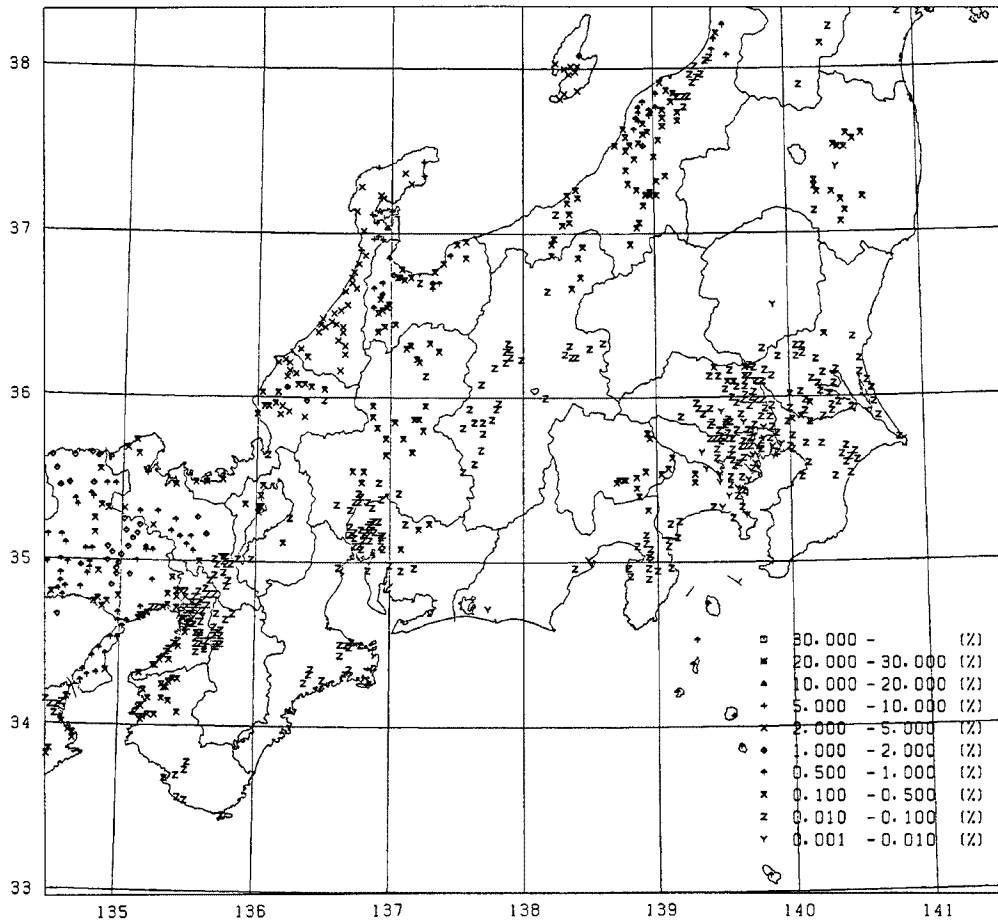


Fig. 3(b). Same as Fig. 3(a), except for Kinki, Chubu and Kanto Districts

3. 気圧場の客観解析と傾度風速および地表風速の推算

気圧場の客観解析の方法とその結果，気圧場の解析結果から傾度風速を算出する方法，および傾度風速と地表風速の関係については，以前に報告した^{2,3)}が，その概略は次のようである。

3.1. 気圧場の客観解析と傾度風速の算出

気圧場の客観解析については，等圧線が同心円上に分布していると仮定し，半径方向の気圧 p の分布が Schloemer の気圧分布式⁴⁾

$$p = p_c + \Delta p \exp(-1/x)$$

で近似されるとして，最小二乗法により適合させるという方法によった。なお，この式で， p_c は中心気圧， Δp は中心気圧低下量（周辺気圧－中心気圧）， $x = r/r_m$ で， r は中心からの距離， r_m は最大旋衡風速半径である。この場合，台風の中心に近い資料ほど重視するための重み w_r

$$w_r = \begin{cases} \frac{100}{r} & (r > 10 \text{ km}) \\ 10 & (r \leq 10 \text{ km}) \end{cases}$$

をつけて計算した。なお， r は km で表す。

解析は10分間おきに行ったが，このさい，観測資料の不足を補うために，観測点での自記紙からの気圧の読み取り値のほか，解析時刻の30分前から30分後まで台風の気圧分布が定常であると仮定して，各観測点

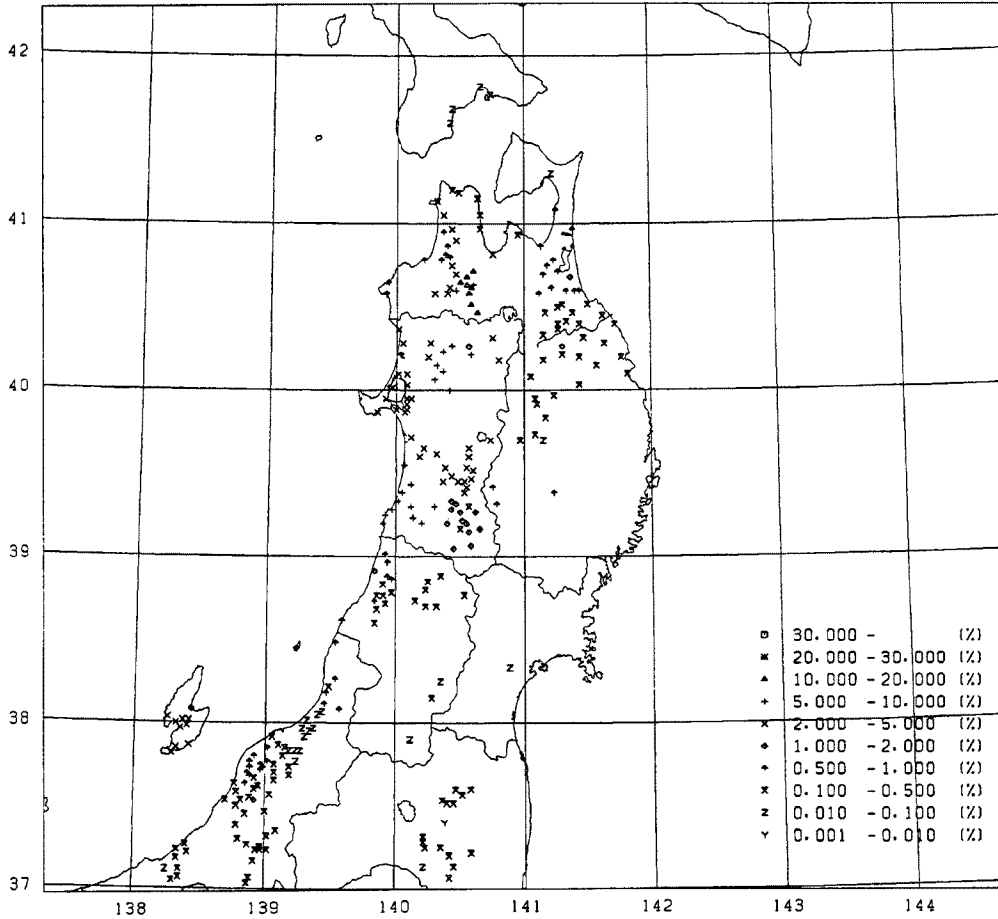


Fig. 3(c). Same as Fig. 3(a), except for Tohoku District

における観測値の時間変化を台風の進行方向に平行な軸上の空間分布に変換して観測資料数の増加を図った。この変換値には、解析時刻 t_0 に近い資料ほど重視する重み w_t

$$w_t = \frac{1}{1+k}, \quad k = \frac{|t-t_0|}{\Delta t}$$

を掛けている。なお、 t は観測時刻、 Δt は解析時間間隔で、ここでは10分間である。

このようにして得られた10分ごとの気圧場に最小二乗法で適合させた気圧分布とバランスする傾度風速 V_{gr} を傾度風方程式、

$$\frac{V_{gr}^2}{r_i} + fV_{gr} = \frac{1}{\rho} \frac{dp}{dr}$$

により算出した。この式で、 r_i は流跡線の曲率半径、 f はコリオリの因子、 ρ は空気の密度である。ただし、 r_i については、気圧場が移動していることを考慮して、Blaton の式⁵⁾により流線の曲率半径、すなわち等圧線の曲率半径 r で修正した。

$$\frac{1}{r_i} = \frac{1}{r} \left(1 - \frac{C}{V_{gr}} \sin \theta \right)$$

この式で、 C は進行速度、 θ は台風の原因と地点を結ぶ線分が進行方向に対してなす角で、時計回りに測る。

この台風9119号の中心が九州北部に上陸した27日16時00分から島根県隠岐を通過した直後の23時00分まで

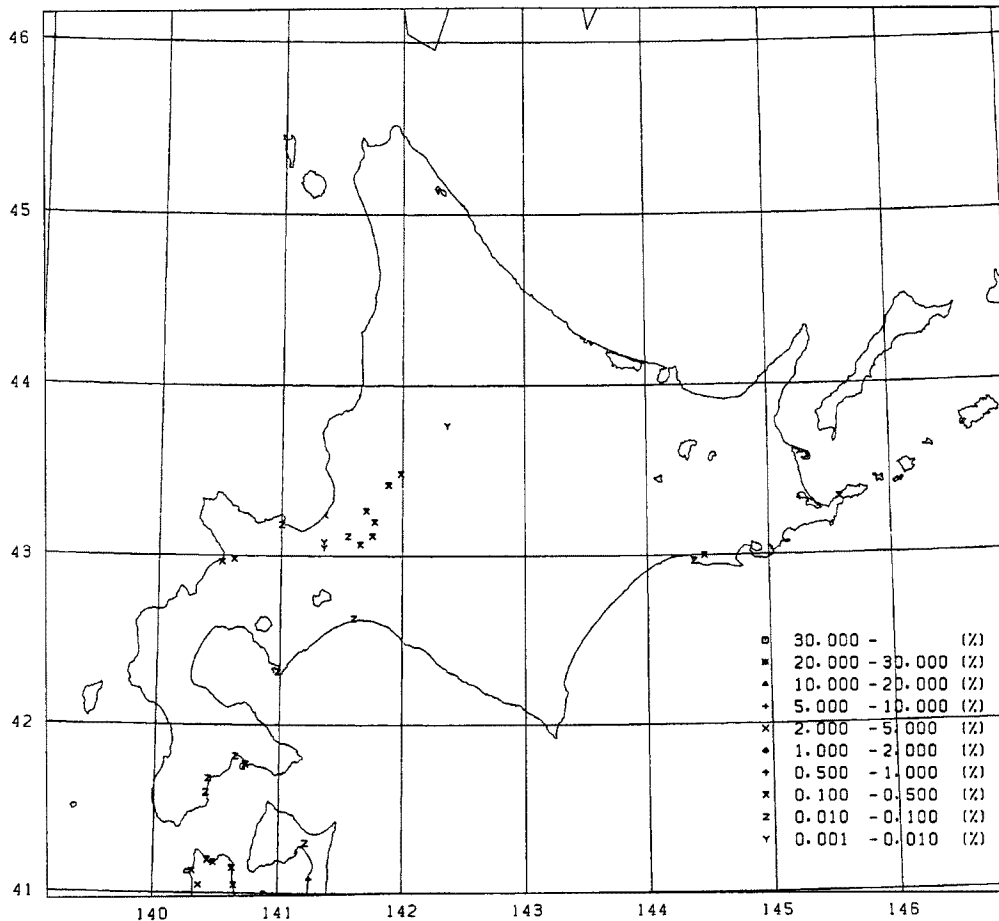


Fig. 3(d). Same as Fig. 3(a), except for Hokkaido District

の時間帯において、客観解析によって得られた気圧分布から傾度風速を計算した。各地点における傾度風速の最大値の分布は Fig. 4 に示したようになる。経路の右側 30~150 km 離れたところで傾度風速が 50 ms^{-1} を超えて、さらに 55~95 km で 55 ms^{-1} を超えている強風域が生じ、その最大値は経路から 75 km あたりに現れている。しかし、Figs. 1~3 に示したように、住家の被害が最も顕著であったのは経路から 25~50 km 離れたところである。これは、地表面摩擦のため災害に関係の深い地表風の最大風速半径が傾度風の最大風速半径に比べて内側に位置している^{6),7)} ことによるものである。なお、鹿児島県のほぼ全域や長崎県五島列島は、台風の原因が九州に上陸する前のほうが傾度風速が強く、この図に示した値は必ずしも傾度風速の最大値を示していないものと思われる。

3.2. 傾度風速から地表風速の算出

1977年に西表島付近を襲った台風7705号および沖永良部島を襲った台風7709号の解析結果によると、地表風速と傾度風速の比は、上に示したような影響の結果、最大傾度風速半径より外側では0.5程度では一定であるが、その内側では比が大きくなり、最大傾度風速半径の 1/2 程度のところで最大値を示していた⁸⁾。7705号、7709号および日本本土に上陸した台風の解析から得られた結果に基づくと、地表風速と傾度風速の比の半径方向の分布⁹⁾ は Fig. 5 のようになる。この分布では、平らな地表面上での値として最大傾度風速半径の外側での傾度風速と地表風速の比を0.5としている。この比の分布を台風9119号に適用して、傾度風速から地表風速を算出することとした。このようにして傾度風速から推算した地表風速の最大値の分布は

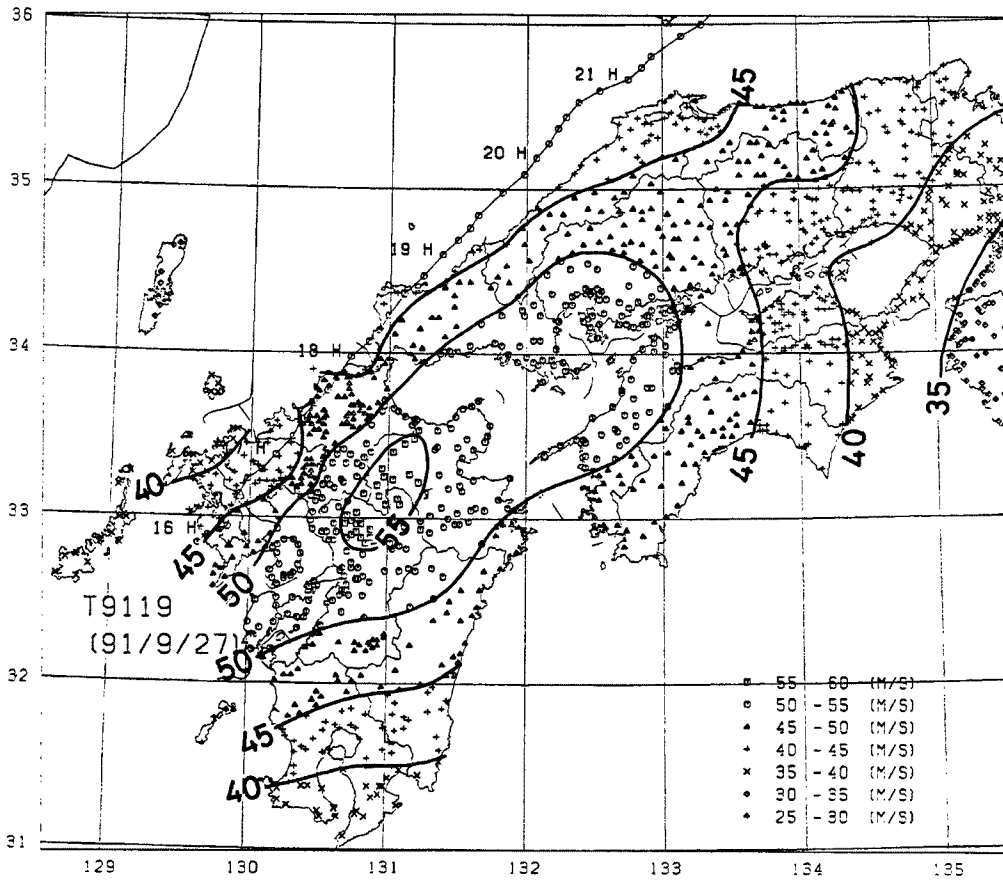


Fig. 4. The distribution of the maximum gradient wind speeds

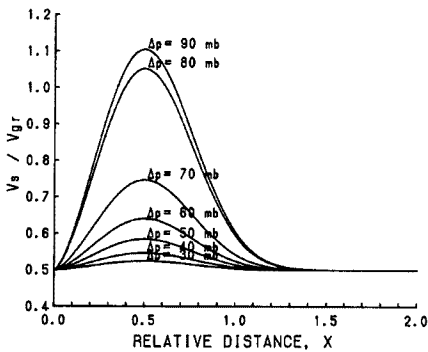


Fig. 5. The radial distribution of the speed ratio of surface wind to gradient wind

Fig. 6 のようになり、 30 ms^{-1} を超えるその最大風速域は台風中心の経路から $20 \sim 80 \text{ km}$ 右側にあり、被害の多かった範囲とよく一致している。

しかし、このようにして算出した地表風速は、平坦な土地での風速であり、地表面の起伏の差を考慮に入れていない。著者⁹⁾ は、地表面の起伏の差を補正する一つの試みを提案しているが、その手法で台風9019号について、計算した地表風速と実測地表風速の比の値と地表面起伏度の関係について調べている³⁾。台風9119号についても、この方法により、まず上の方法で計算した地表風速と実測地表風速の比の値と地表面起伏度の関係を調べてみることにした。

地表面起伏度は、建設省国土地理院が作成した『国土数値情報』の 250 m 間隔で与えられている地表面の標高データを用いて、各方向について半径 30 km 以内の標高の標準偏差 σ_h で表したが、このさい、地点に近い標高ほど重視する重み w_h (Fig. 7) を掛けた。

また、台風9019号³⁾ の場合は、地表風向は傾度風向から反時計回りに $15 \sim 60^\circ$ の範囲に資料の83%が入っている。そこで、この範囲の方向に σ_h を計算して平均をとり、また、風上と風下の方向には $4 : 1$ の比で荷重平均をかけた。この値 σ_h を地表面の起伏度とする。

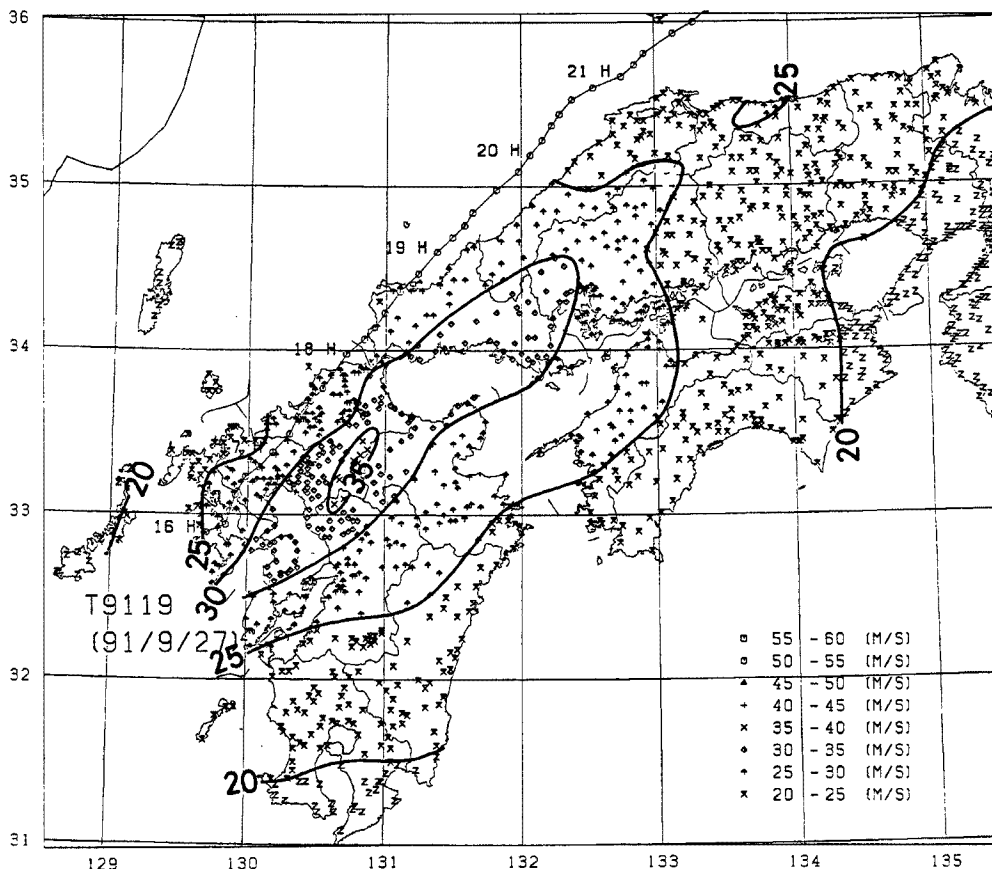


Fig. 6. The distribution of the maximum surface wind speed estimated from the gradient wind speed

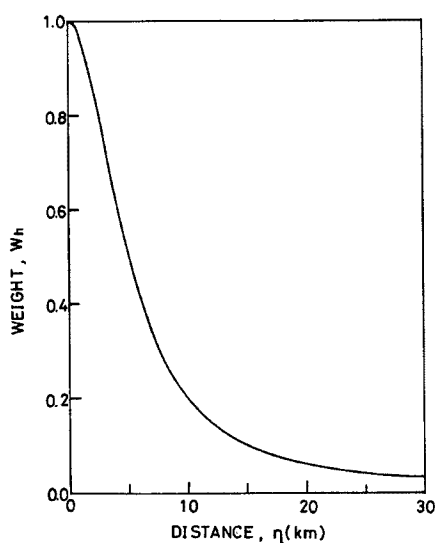


Fig. 7. The change of the weighting function, w_h , on an altitude with the distance η , from a place for a wind estimation 3)

風速計高度が 20 m 以下の気象官署について、 $\bar{\sigma}_h$ の値と傾度風速から求めた地表風速に対する実測地表風速の比の値 R_V の関係を調べてみると Fig. 8(a) のようになり、 R_V は $\bar{\sigma}_h$ とともに小さくなっている。 R_V が $\bar{\sigma}_h$ とともに指数的に減少するとして回帰式を求めると $R_V = 1.04 \exp(-0.00408\bar{\sigma}_h)$ となる。先に解析した台風9019号のこの関係は、Fig. 8(b) に示したように、 $R_V = 0.865 \exp(-0.00313\bar{\sigma}_h)$ であった。これら 2 個の台風についての回帰式の係数の平均をとり、関係式 $R_V = 0.950 \exp(-0.00361\bar{\sigma}_h)$ を得た。この関係式を用い、今回の台風について各地で計算により求めた地表風速の補正を行い、各地の地表風速の分布を推算してみた。風速計高度 20 m 以上の観測点の値はこれより 20% くらい大きい、ここでは、地表風速の推算は高度 10 m に対するもの考えることにしている、それらを用いなかった。

このようにして推算した地表風速がどの程度に現実の風速を再現しているか調べるために、気象官署の実測値と比較してみた。実測風速は10分間平均であるので、その中央の時刻を観測した時刻で示した。これに対して、推算地表風速は、気圧が正

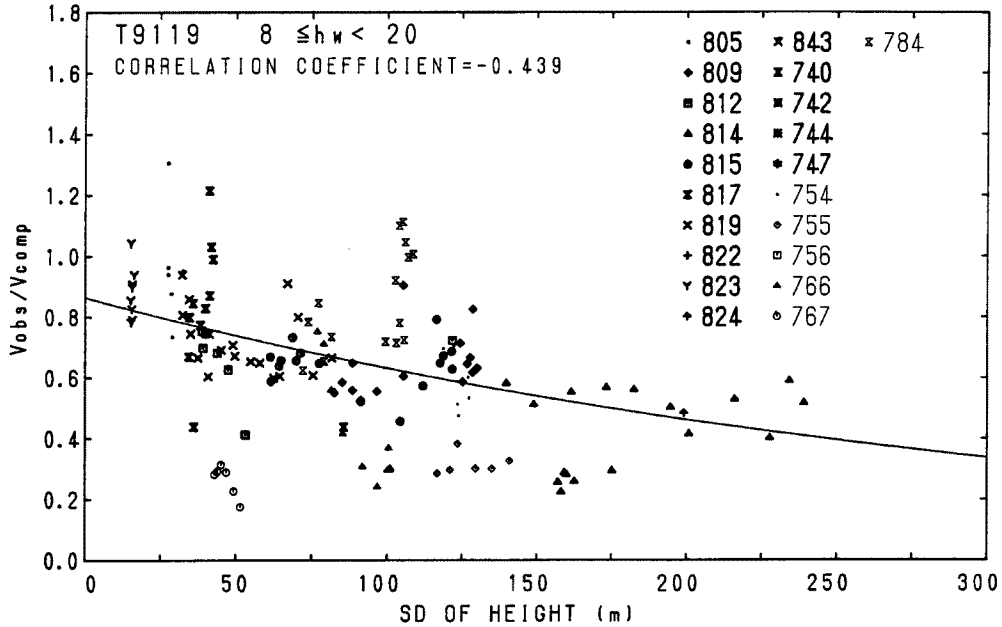


Fig. 8(a). Relation between surface roughness, σ_h , and the speed ratio of observed surface wind to gradient wind in Typhoon 9119. Numbers in the right upper part represent to weather station numbers of Japan Meteorological Agency.

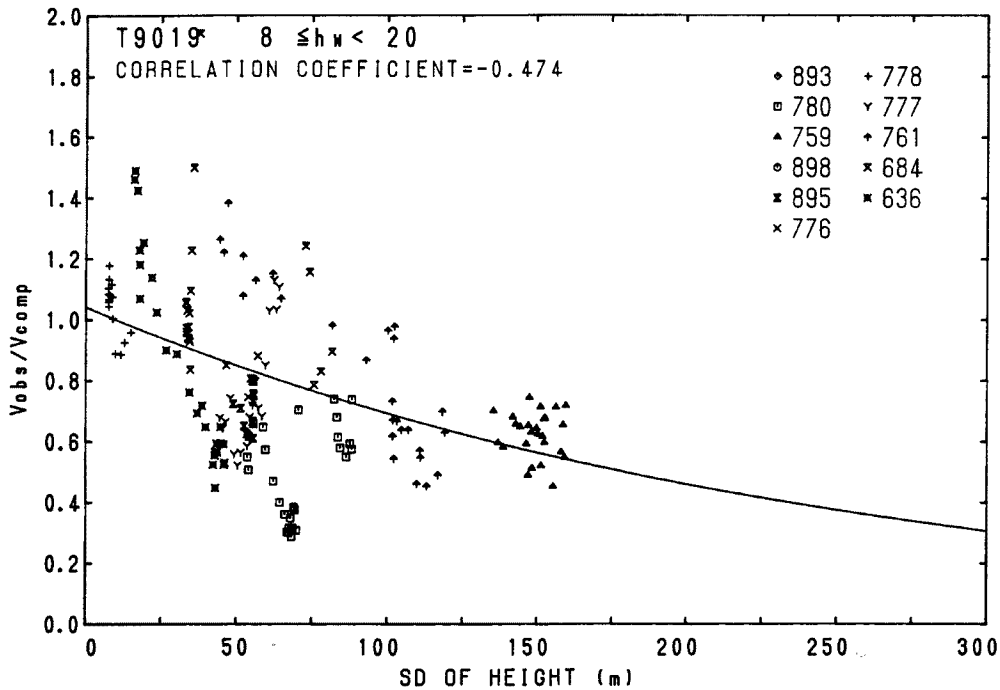


Fig. 8(b). Same as Fig. 5(a), except for Typhoon 9019

時の瞬間の実測値から算出したものであるから5分のずれがある。代表的な気象官署における実測風速と推算風速を比較してみると次のようである。

台風が中心が上陸した地点のすぐ北にある佐世保では、Fig. 9(a) に示すように、眼の通過時の風速や最

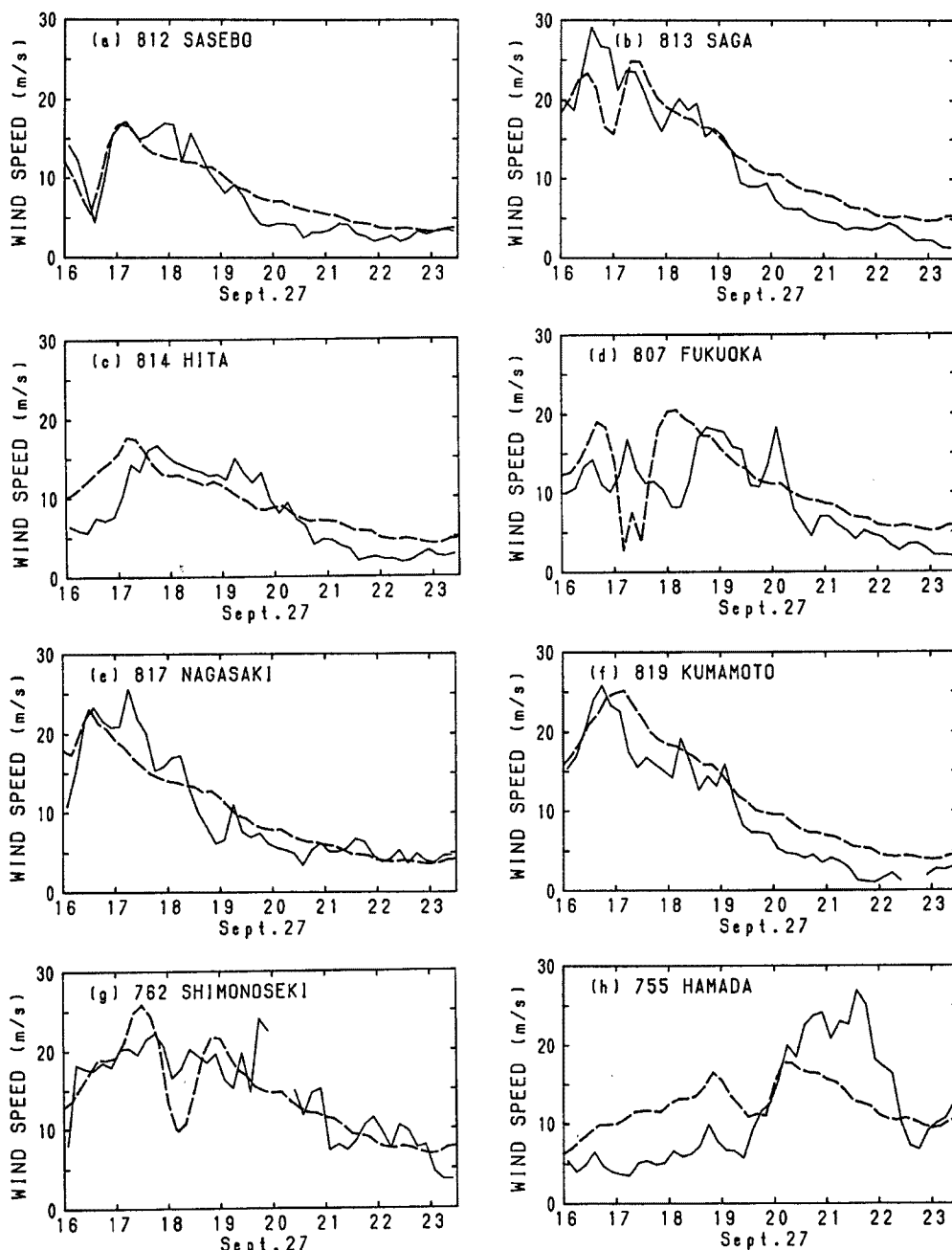


Fig. 9. Time change of the estimated (solid line) and observed (broken line) surface wind speeds.(a) Sasebo, (b) Saga, (c) Hita, (d) Fukuoka, (e) Nagasaki, (f) Kumamoto, (g) Shimonoseki, (h) Hamada.

大風速もよく一致している。台風が中心がすぐ近くを通過した佐賀では、**Fig. 9(b)** に示すように、眼通過前の風速は多少違っているが、通過後はほぼ一致している。山で囲まれ、地表面の起伏の激しい日田では、**Fig. 9(c)** に示すように、最大風速時刻に20分程度の相違があるが、おおむね一致している。福岡については、**Fig. 9(d)** に示すように、あまりよく合っていない。これは、中心が近くを通過しているが、台風中心のわずかのずれが大きな差を生じる原因となっているようである。強風が長時間続いた長崎および熊本については、それぞれ、**Figs. 9(e) and (f)** に示すように、ほぼ一致している。このほか、**Fig. 9(g)** に示した下

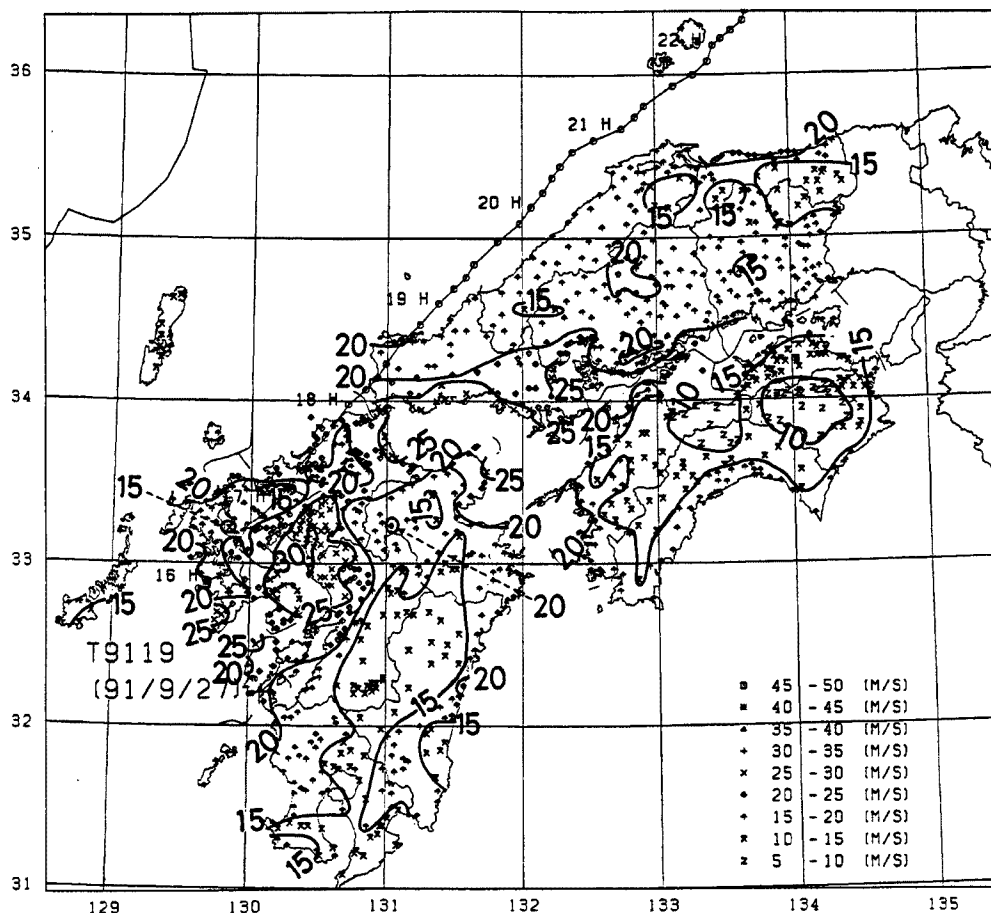


Fig. 10. The distribution of the maximum estimated speed of the 10-minute mean surface wind to which the correction for topographic effect is made

関では、眼の通過した18時前後は推算風速は過大評価の傾向があるが、その後の変化はほぼ一致している。また、中国地方日本海側では、Fig. 9(h) に示した浜田のように、通過前の南よりの風では強く、通過後の西よりの風では弱く推算されている。この点については今後検討することにするが、台風を中心気圧の時間変化も関係しているであろう。

このように、推算地表風速は、一部の地点を除いて、気象官署における地表風速の実測値とはほぼ一致して、実測風速の代わりに用いても、あまり大きい誤差を生じないものと考えられる。気象官署の地表風速は、広島の上高度 94.9 m を始めとして、さまざまな高度で観測されている。また、すぐ近くの地形や構造物の影響を受けているところもあり、必ずしも市区町村スケールの高度 10 m あたりの風速を代表しているとは言えない。なお、前節の計算では風速計高度 20 m 以上の観測点の観測資料は用いていない。しかし、このような方法によって、風速の観測のない場所でも、気圧場の解析結果から地表風速をある程度推定することができる。

市区町村の市区役所あるいは役場の位置において推算した地表風速の最大値の分布は Fig. 10 のようになる。Fig. 6 に示した地表面の起伏を考慮に入れない地表風速で最大風速域に入っていた九州中部の山岳地帯では風速は小さくなり、最も風が強い場所は筑紫平野南部で、 30 ms^{-1} を超えているのはこの地域だけである。しかし、長崎県南部、熊本県北部、福岡県南部から山口県南部の沿岸地帯にかけての台風の中心の経路から 25~70 km 離れた強風地帯では、筑豊地域を除いて、ほとんどの市区町村で風速は 25 ms^{-1} を超え

ている。強風の最大域が通過したこの地域は、**Figs. 1～3** に示した住家の被害が顕著であった地域とほぼ一致している。

なお、地表風速の推算は、台風が九州に上陸した16時00分から始めたので、上陸前に風速が最大となったと考えられる鹿児島県のはほぼ全域や長崎県五島列島では、地表風速の最大値が推算されているわけではない。

4. 最大推算地表風速と住家の被害との関係

Fig. 10 に示した市区町村別の推算地表風速の最大値について、**Figs. 1～3** に示した被害率、全半壊率、および罹災率との関係について調べてみた。ただし、台風が中心の上陸前に最大風速が出現している考えられる鹿児島県全域と長崎県の五島列島については、この統計の対象から除いた。

4.1. 住家の被害率との関係

市区町村別の推算地表風速の最大値と住家の被害率との関係は **Fig. 11** のようになる。この図で、○は市区、×は町村における値を示す。推算風速が 12 ms^{-1} 程度で被害が生じるようになり、 15 ms^{-1} を超えると被害率が10%を超える町村が急増加し始め、 20 ms^{-1} になると被害率が100%近い町村も多くなる。一方、市区では、町村に比べて1桁程度被害率が小さいようであるが、風速が 17 ms^{-1} を超えると被害率が10%を超えるところが出てきて、 20 ms^{-1} になると100%に近い市区が現れてくる。 25 ms^{-1} では、ほとんど100%の住家が被害を受けることになる。なお、第2節で定義したように、被害率を総世帯数に対する被害棟数の比で表したので、100%を超える市区町村があるが、これは100%として示してある。

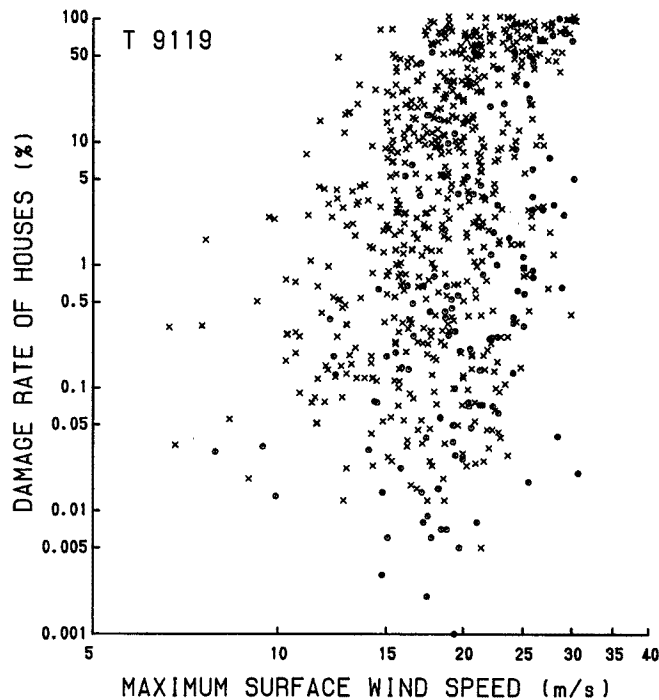


Fig. 11. Relation between the maximum estimated wind speed and the damage rate of houses in Kyushu, Chugoku and Shikoku Districts. ○ denotes the value in a city or a ward, and × that in a town or a village.

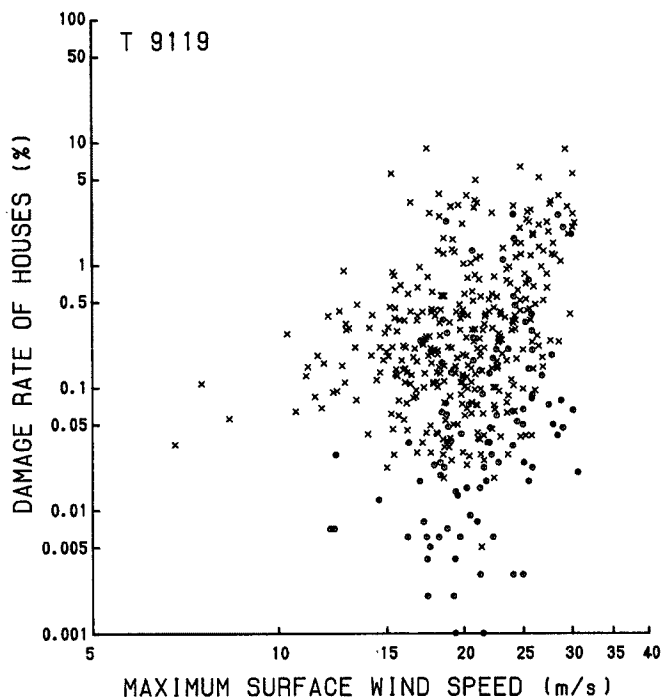


Fig. 12. Relation between the maximum estimated wind speed and the rate of completely or partially destroyed houses in Kyushu, Chugoku and Shikoku Districts. \circ denotes the value in a city or a ward, and \times that in a town or a village.

4.2. 住家の全半壊率との関係

最大推算風速と全半壊率の関係は Fig. 12 のようになる。町村では、風速が 15 ms^{-1} を超えると全半壊率 0.1% を超えるところが急に増え、なかには 5% を超えるところも現れてくる。市区では、町村に比べて全半壊率は一桁程度小さいが、それでも、風速が 17 ms^{-1} を超えると全半壊率が 0.1% を超えるところが現れてくる。 25 ms^{-1} では、まず 1% 以上の住家が全半壊することになる。

4.3. 住家の罹災率との関係

罹災率についての得られた資料は、市区郡単位でまとめられている。そこで、町村の役場の位置で算出した推算地表風速の最大値を郡内で平均をとり、その郡の最大推算地表風速とした。市区郡の最大推算地表風速と罹災率の関係は Fig. 13 のようになる。市区郡と郡部の間には、ほとんど差が見られない。分布はほとんど直線関係にあって、風速と罹災率の間の相関係数は 0.71 であり、前述の最大推算地表風速と被害率や全半壊率との関係よりもよい相関関係にある。最大推算風速に対する罹災率の回帰直線を目視で引いて、Fig. 13 に破線で示してある。これによると、罹災率 F_l (%) は最大推算地表風速 V_s (ms^{-1}) の 5.5 乗に比例して増加し、回帰式は $F_l = 3.9 \times 10^{-4} V_s^{5.5}$ となる。

自然災害研究会¹⁰⁾ では、気象官署の 10 分間平均風速の最大値と罹災率の関係を調べている。これによると、両者の間の相関係数は 0.71 で、罹災率は最大風速の 4.6 乗に比例して増加している。この分布は、Fig. 13 に示した最大推算風速の場合とほぼ一致している。したがって、気圧場から推算した地表風速を実測風速の代わりに利用して罹災率を推定しても、大きい相違が生じないものと考えられる。

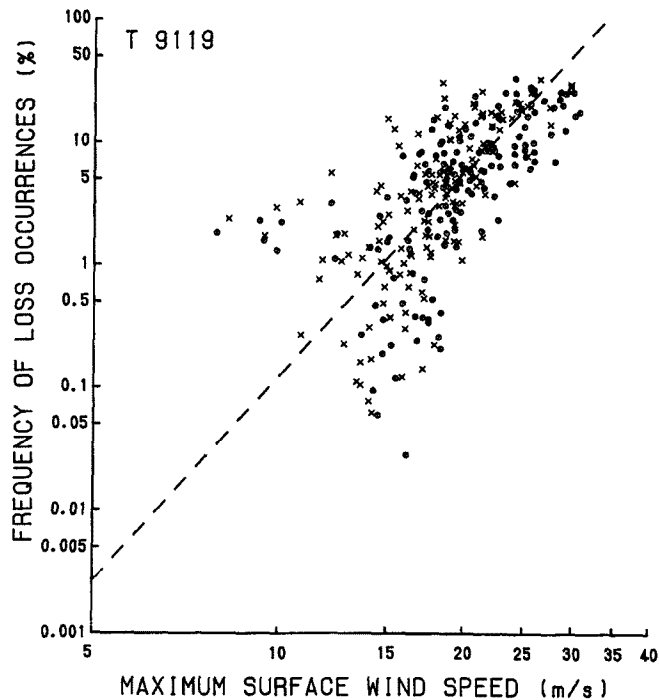


Fig. 13. Relation between the maximum estimated wind speed and the frequency of loss occurrences of houses in Kyushu, Chugoku and Shikoku Districts. ○ denotes the value in a city or a ward, and × that in a district consisted of a town and a village.

5. おわりに

気圧場の客観解析による結果から推算した10分間平均の地表風速の最大値と住家の被害率および全半壊率との関係を調べたが、ばらつきが大きく、あまりはっきりした関係は得られなかった。しかし、この推算風速と罹災率、すなわち住宅物件火災保険支払率との関係は、相関係数が0.71で、比較的によい相関関係が得られた。

最大風速と罹災率の関係については自然災害研究会¹⁰⁾が気象官署の風速を用いて、その市区郡の罹災率との関係を調べているが、本研究で調べた推算風速と罹災率の関係とはほぼ同じ結果となっている。このことは、地表風速の実測値が得られない場所でも、気圧場の客観解析の結果から推算した風速を用いて罹災率を推定した場合、実測風速から推定した場合に比べてあまり大きい相違を生じないことを意味している。

ただ、このように地表風速が推定できるのは、気圧場の客観解析が可能であった九州、中国、四国地方に限られていた。これらの地方と同様に住家の大きい被害が生じた北陸や東北地方では、台風の気圧分布が同心円上からかなり歪んでいたことと、台風が中心が日本海を進み、観測資料が中心付近にはなく、また、一方方向に偏っていた。このために、気圧場の客観解析ではよい結果が得られず、地表風速の推算ができなかった。この点については、今後、研究を進める必要がある。

なお、住家の被害は、10分間の平均風速の最大値よりも、1分間の平均風速の最大値あるいは最大瞬間風速のように短い評価時間の風速のほうが関係が深いと言われている。事実、自然災害研究会¹⁰⁾の調査によると、気象官署における最大瞬間風速の実測値とこれが存在している市区郡の罹災率の間の相関係数は0.84で、平均風速の最大値を用いるよりもよい相関関係にある。したがって、最大瞬間風速と住家の被害との間の関係についても調べてみる必要があるが、この場合、最大瞬間風速は、本研究で用いたメッシュ間隔 250 m よりもはるかに小さいスケールの地形や建造物が関係した乱れによって影響されるので、そのような検

討が必要である。

このようにいくつかの問題点が残されているが、今後、本研究の成果を用いて、過去の台風の強風による住家の被害率を推算し、それがどの程度実際の被害を再現しているか確かめてみる事ができる。これにより、台風の強風による住家の被害率の予測法を確立し、台風の確率モデルにより、コースと中心気圧のシミュレーションを行い、住家の被害率、全半壊率の分布についての予測方法を開発する予定である。

最後に、住家の被害率、全半壊率、住宅物件火災保険支払率の資料を提供していただいた損害保険料率算定会に対して、地上気象観測の観測資料を提供していただいた気象庁管轄の気象台および測候所に対して、また、国土数値情報を使用させていただいた建設省国土地理院に対して厚く感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) 光田 寧(編)：1991年台風19号による強風災害の研究。平成3年度文部省科学研究費突発災害調査研究成果報告。1992, 369pp.
- 2) 藤井 健・林 泰一・光田 寧：台風9119号の解析と強風の分布について。京都大学防災研究所年報, 第35号 B-1, 1992, pp. 183-191.
- 3) 劉 迎・藤井 健・光田 寧：台風9119号の解析とレインバンドについて。京都大学防災研究所年報, 第35号 B-1, 1992, pp. 193-204.
- 4) Schloemer, R. W.: Analysis and synthesis of hurricane wind patterns over Lake Okeechobee, Florida, Hydrometeorological Report, No. 31, 195, 49pp.
- 5) Holmboe, J., G. E. Forsythe and W. Gustin: Dynamic Meteorology. John Willy and Sons, Inc., 1945, pp. 207-209.
- 6) 光田 寧・文字信貴・塚本 修・浅井東洋：八重山群島を襲った台風5号(7705)の気象学的特性について。京都大学防災研究所年報, 第21号 B-1, 1978, pp. 405-415.
- 7) 山元龍三郎・光田 寧・文字信貴・塚本 修・末延龍雄：沖永良部島を襲った台風9号(7709)の気象学的特性について。京都大学防災研究所年報, 第21号 B-1, 1978, pp. 416-425.
- 8) Mitsuta, Y. and T. Fujii: Synthesis of typhoon wind pattern by numerical simulation. Natural Disaster Science, Vol. 8, No. 2, 1986, pp. 49-61.
- 9) 藤井 健・光田 寧：台風域内の強風と地形との間の統計的關係について。京都大学防災研究所年報, 第30号 B-1, 1987, pp. 279-285.
- 10) 自然災害研究会：台風9119号研究報告。自然災害研究会, 1993, 202 pp.