

## 日本における竜巻の統計的性質

林 泰一・光田 寧・岩田 徹

### STATISTICS OF TATSUMAKI IN JAPAN

By *Taiichi HAYASHI* · *Yasushi MITSUTA* and *Tohru IWATA*

#### Synopsis

The statistics of Tatumakis occurred in Japan are investigated for 32 years from 1961 to 1992. The total number of the occurrence of Tatumakis for 32 years is 538 and the yearly average is 16.8. The largest probability of the occurrence in each prefecture in a year is Okinawa and the value is 7.49. The relative frequency of the cause of the occurrence of Tatumakiis as follows; 24.3% for typhoons, 39.0% for fronts, 17.8% for lows and 18.8% for others. The 60% of Tatumaki occur between July and October. The Tatumakis associated with typhoons occur in the field near the coast line of the Pacific ocean.

The yearly average of damages is as follows; 0.4 for the died, 23.5 for the injured, 27.6 for the completely destroyed houses, 329.8 for the partially damaged houses. The average of the damaged area is 119m for the width and 3.2km for the length.

#### 1. はじめに

竜巻などの瞬発性の気象現象に伴う強風による災害は、台風の被害に比べると、被害の範囲があまり広くないし、また被害の程度も小さいため、今まではあまり注目されてこなかった。しかし、1978年の東京都、1990年の栃木県壬生町、千葉県茂原市で発生した竜巻では数多くの全壊家屋がでるなど、無視できないほどの被害のが発生した。過去には、日本における竜巻についての総合的な調査は余り例がなく、最近では、光田ら(1983)<sup>1)</sup>によるものが唯一のものであると思われる。この報告には、1961年から1982年の22年間にわたる竜巻の発生に関して詳細な統計および顕著な竜巻について述べてある。その後10年余り経過し、この間の竜巻についてはいくつかの事例報告(付録に参考文献として掲載)がなされたが、竜巻に関してのまとまった報告はなされていない。ここでは、先の報告<sup>1)</sup>に、1983年以後1992年までの10年間について発生した個々の竜巻について調査を実施して、先の統計を補充したものがこの報告である。この資料を作成するにあたって、気象要覧の異常気象報告、気象年鑑及び朝日新聞に記事として掲載されたものを調査した。

#### 2. 竜巻の発生数及び発生確率

1961年から1992年の32年間の竜巻の年毎の発生数を示したのが**Table 1**である。陸上竜巻と海上竜巻の2種類に分類して示した。陸上竜巻の総発生数は538個で年平均にすると16.8個になる。これは、1982年までの22年間の年平均18.0個に比べるとやや小さい数になる。この発生数の年毎の変化のようすを示し

Table 1. Number of Tatsumaki in Japan from 1961 to 1992 classifying by the weather condition.

年	陸上竜巻					海上竜巻				合計
	台風	前線	低気圧	その他	計	台風	前線 低気圧	その他	計	
1961	6	4	0	0	10	0	1	1	2	12
1962	5	10	3	2	20	0	1	2	3	23
1963	1	5	1	0	7	0	3	1	4	11
1964	3	6	2	0	11	0	4	0	4	15
1965	5	7	0	1	13	0	4	0	4	17
1966	1	13	3	2	19	0	7	0	7	26
1967	3	4	1	1	9	1	3	0	4	13
1968	6	4	2	2	14	0	2	1	3	17
1969	9	12	3	4	28	0	1	0	1	29
1970	6	3	5	4	18	0	0	0	0	18
1971	11	4	2	0	17	1	2	0	3	20
1972	2	8	10	6	26	0	1	3	4	30
1973	0	5	2	8	15	0	3	0	3	18
1974	6	11	4	4	25	0	5	0	5	30
1975	3	11	8	3	25	0	0	0	0	25
1976	10	21	4	2	37	0	2	1	3	40
1977	0	9	1	2	12	1	0	0	1	13
1978	4	6	3	4	17	0	2	1	3	20
1979	17	6	4	8	35	0	0	0	0	35
1980	10	8	4	4	26	0	1	0	1	27
1981	1	3	2	2	8	0	0	0	0	8
1982	0	1	2	1	4	0	0	0	0	4
1983	4	6	1	4	15	0	0	1	1	16
1984	1	2	2	5	10	0	0	2	2	12
1985	3	6	3	3	15	0	0	0	0	15
1986	1	4	4	5	14	0	1	2	3	17
1987	2	5	2	7	16	1	0	0	1	17
1988	1	3	4	3	11	0	0	0	0	11
1989	0	2	7	2	11	0	0	0	0	11
1990	8	12	5	9	34	0	1	0	1	35
1991	0	5	0	2	7	0	0	0	0	7
1992	2	4	2	1	9	0	0	0	0	9
総計	131	210	96	101	538	4	44	15	63	601
年平均	4.1	6.6	3.0	3.2	16.8	0.1	1.4	0.5	2.0	18.8

たのが Fig. 1 である。1983 年以降の竜巻の発生数は 142 個で、10 年間の年平均は 14.2 個である。このように最近の 10 年間は発生数は、比較的少ない年が多いが、1990 年のように 34 個の発生をみた年もある。この数は、1983 年以降の 10 年間の発生数の約 4 分の 1 に相当し、1976 年の 37 個、1979 年の 35 個に匹敵する数である。このように、1 年ごとにみると、必ずしも毎年発生が少ないわけではない。

1961 年から 1992 年の都道府県別の発生数を Table 2 に示した。この 32 年間で最も発生が多かったのは、沖縄県の 54 個である。平均年 1 回以上の発生があることに相当する、発生数が 30 個以上であるのは、北海

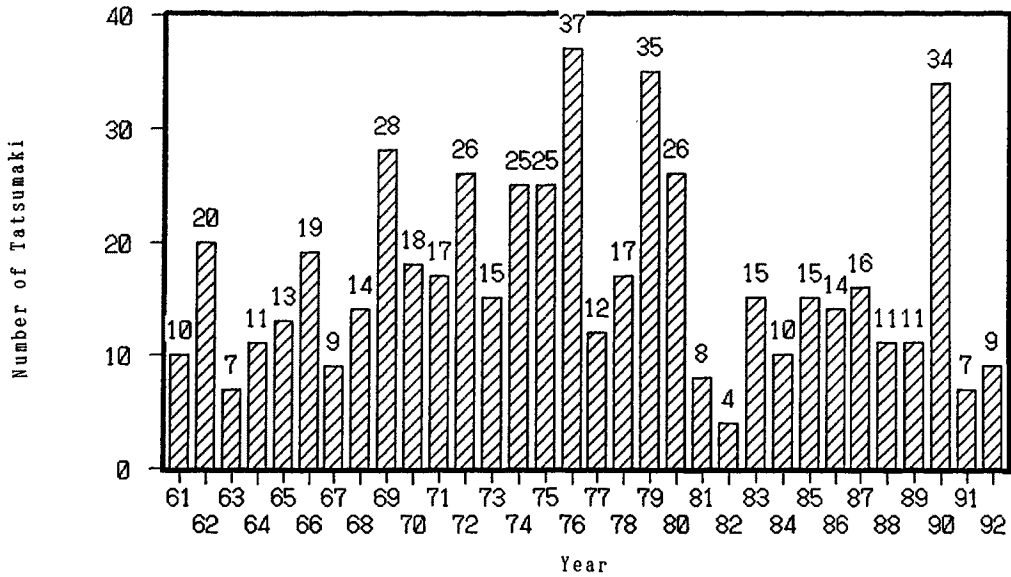


Fig. 1 Year to year change of number of Tasumakis in Japan for 32 years from 1961 to 1992.

道、静岡県、宮崎県、鹿児島県、沖縄県の5道県であり、太平洋沿岸の県で発生が多いことがわかる。また過去32年間に竜巻の発生が報告されていないのは、滋賀県、奈良県、徳島県、香川県の4県で、内陸県ないしは内海沿岸の県である。Table 3は都道府県別に、面積 $10^4\text{km}^2$ あたり1年間の発生確率を示し、Fig. 2はそれを日本全国の都道府県別に図示したものである。発生確率は沖縄県が7.49で圧倒的に大きく、ついで東京都の3.32である。発生確率が1.0を越えるのは、茨城県、埼玉県、千葉県、東京都、静岡県、長崎県、宮崎県、鹿児島県、沖縄県の9都県で、太平洋沿岸に多い傾向がある。この都県では、平均すると面積 $100\text{km}^2$ 四方で1年間に1個以上の竜巻が発生することになる。この発生確率の逆数が、面積 $10^4\text{km}^2$ あたりの竜巻発生再現期間ということになるが、これもTable 3に併せて示した。

### 3. 竜巻の発生時の特徴

#### 3.1 竜巻の発生時の気象条件

竜巻の発生時の気象条件を、台風、前線、低気圧の接近時およびその他の気象状況（高気圧、寒気吹出し、寒気移流、暖気移流、気圧の谷、雷雨など）の4つに大別して示したのが、Fig. 3である。台風の接近時が24.3%、前線の接近時が39.0%、低気圧の接近時が17.8%、その他が18.8%である。Table 1には年別に、成因毎に竜巻の発生数も示した。これによれば、年によってその割合は変化しているが、32年間を10年間毎に区切って（但し、1981~1992年は12年とした）、成因別に分類してみたのがFig. 4である。先にも述べたとおり、1980年代以降は1970年代に比べて年間発生数は減少している。なかでも台風を成因とする竜巻の減少が顕著である。相対度数で比較しても、1960年代の30.2%、

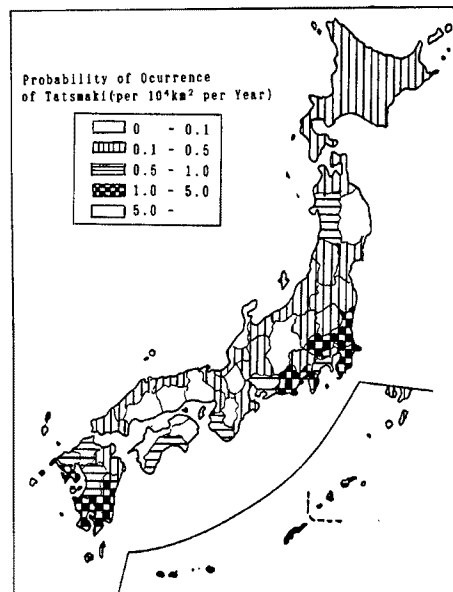


Fig. 2 Probability density of occurrence of Tasumakis (per  $10^4\text{km}$  per year) in Japan.

Table 2. Number of Tatsumaki in each prefecture of Japan from 1961 to 1992.

番号	年	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	合計		
1	北海道		3				1	1	1	2		1		2	2	1			2	1	1		1	1		5	1	1	2	4	1	1	1	35		
2	青森県			2		1	1	1	1	1	1	1		1			1		1	1													9	2		
3	岩手県										1																							1	6	
4	宮城県					1	1	1	1	1	1			3	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	26	6		
5	秋田県		1	1		5	4	1	1	1	1																							26	9	
6	山形県					1	2		1	1	1																							1	9	
7	福島県																																		6	
8	茨城県		1			2																													22	
9	栃木県																																		8	
10	群馬県																																		1	
11	埼玉県							2	1	1																									15	
12	千葉県							1	4	1																									28	
13	東京都					3	2			1	1	2																							23	
14	神奈川県					1																													6	
15	新潟県		2					2		2	2																								18	
16	富山県																																		5	
17	石川県		1	1																															11	
18	福井県																																		2	
19	山梨県																																		4	
20	長野県																																		1	
21	岐阜県																																		7	
22	静岡県		2	5				1		1	4																								32	
23	愛知県		1								2																								11	
24	三重県			1							1																								9	
25	滋賀県																																		0	
26	京都府																																		2	
27	大阪府																																		1	
28	兵庫県																																		2	
29	奈良県																																		0	
30	和歌山県																																		11	
31	鳥取県										1																								2	
32	島根県																																		5	
33	岡山県																																		2	
34	広島県																																			2
35	山口県																																			6
36	徳島県																																			0
37	香川県																																			0
38	愛媛県							1																												1
39	高知県																																			15
40	福岡県		1																																	12
41	佐賀県																																			5
42	長崎県																																			16
43	熊本県																																			14
44	大分県																																			4
45	宮崎県		3	1	1	2																														33
46	鹿児島県		2																																	46
47	沖縄県			1																																54
不明																																				2
合計		10	20	7	11	13	19	9	14	28	18	17	26	15	25	25	37	12	17	35	26	8	4	15	10	15	14	16	11	11	34	7	9	538		

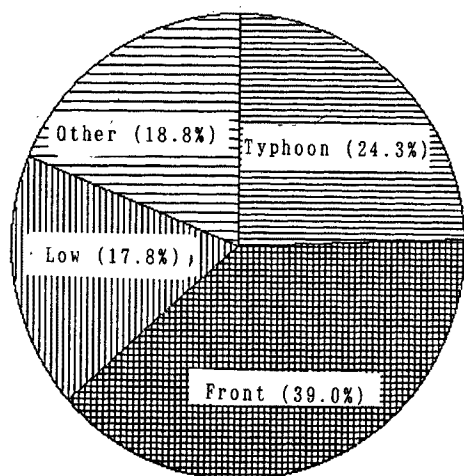


Fig. 3 Relative frequency of weather conditions of Tasumaki in Japan from 1961 to 1992.

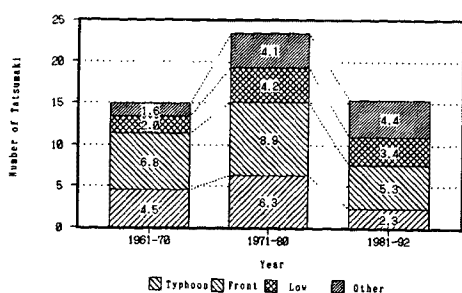


Fig. 4 Average of occurrence of Tatumakis in Japan in every 10 years in Japan from 1961 to 1992 (12 years from 1981) classified by weather conditions.

70年代の26.8%に比べて、それ以降は14.9%と明らかに減少している。日本に上陸または接近した台風の総数は1961年～1982年が98個、1983年～1992年が52個であり、台風に伴う竜巻の発生数が減少した原因は台風の数の減少によるものではない。

### 3.2 竜巻の発生の時期

竜巻の発生数を月別に分類し、変化のようすを示したのがFig. 5である。ここで特徴的なことは、総発生数の約6割が7月から10月の4カ月間に集中していることである。これは台風に伴う竜巻の発生が大きく関係している。すなわち、台風の接近や上陸が多い8、9月には竜巻の発生数が大きく、また1カ月間の発生の割合も約半数が台風に伴う竜巻になっている。前線や低気圧が成因

Table 3. Probability and return period of occurrence of Tatumaki in each prefecture of Japan (per 10<sup>4</sup>km<sup>2</sup> per year).

番号	都道府県名	発生数	面積 (km <sup>2</sup> )	発生確率 (/10000 km <sup>2</sup> /year)	再現期間 (年)
1	北海道	35	83,519	0.13	7.64
2	青森県	9	9,619	0.29	3.42
3	岩手県	2	15,277	0.04	24.44
4	宮城県	6	7,292	0.26	3.89
5	秋田県	26	11,612	0.70	1.43
6	山形県	9	9,327	0.30	3.32
7	福島県	6	13,784	0.14	7.35
8	茨城県	22	6,094	1.13	0.89
9	栃木県	8	6,414	0.39	2.57
10	群馬県	9	6,356	0.44	2.26
11	埼玉県	15	3,799	1.23	0.81
12	千葉県	28	5,150	1.70	0.59
13	東京都	23	2,162	3.32	0.30
14	神奈川県	6	2,402	0.78	1.28
15	新潟県	18	12,579	0.45	2.24
16	富山県	5	4,252	0.37	2.72
17	石川県	11	4,197	0.82	1.22
18	福井県	2	4,191	0.15	6.71
19	山梨県	4	4,463	0.28	3.57
20	長野県	1	13,585	0.02	43.47
21	岐阜県	7	10,596	0.21	4.84
22	静岡県	32	7,773	1.29	0.78
23	愛知県	11	5,138	0.67	1.49
24	三重県	9	5,778	0.49	2.05
25	滋賀県	0	4,016	0.00	—
26	京都府	2	4,613	0.14	7.38
27	大阪府	1	1,868	0.17	5.98
28	兵庫県	2	8,378	0.07	13.40
29	奈良県	0	3,692	0.00	—
30	和歌山県	11	4,725	0.73	1.37
31	鳥取県	2	3,493	0.18	5.59
32	島根県	5	6,628	0.24	4.24
33	岡山県	2	7,090	0.09	11.34
34	広島県	1	8,466	0.04	27.09
35	山口県	6	6,106	0.31	3.26
36	徳島県	0	4,145	0.00	—
37	香川県	0	1,882	0.00	—
38	愛媛県	1	5,672	0.06	18.15
39	高知県	15	7,107	0.66	1.52
40	福岡県	12	4,960	0.76	1.32
41	佐賀県	5	2,433	0.64	1.56
42	長崎県	16	4,111	1.22	0.82
43	熊本県	14	7,408	0.59	1.69
44	大分県	4	6,337	0.20	5.07
45	宮崎県	33	7,737	1.33	0.75
46	鹿児島県	46	9,165	1.57	0.64
47	沖縄県	54	2,254	7.49	0.13
	不明	2			
	合計	538	377,801	0.45	2.25

である竜巻は年間を通じて平均的に発生していて、7月から10月にかけての発生数が他の月に比べるとやや多い傾向がある。

3.3 竜巻の発生の地域性

竜巻の発生位置(市町村までわかっているもの)を図示したのが、Fig. 6である。北海道、東北、関東、九州では沿岸部だけではなく内陸部でも竜巻の発生が比較的多いのにに対し、中部、近畿、中国、四国では、ほとんどの竜巻が沿岸部で発生し

ていることがわかる。関東、静岡、濃尾、高知、宮崎等の太平洋沿岸の平野部では数多く発生するのがみられるのに対し、北海道、中部、紀伊半島の山間部や瀬戸内海沿岸では発生がほとんどない。これは、竜巻の室内実験で明らかにされたように<sup>2)</sup>、地表面の粗度が大きくなると竜巻の渦が地表面まで到達することが困難となり、地表面粗度の大きいところでは弱い渦しか形成されないことを反映している。Fig. 7a~cは、竜巻の発生場所を、台風、前線および低気圧の3つの成因別に図示したものである。これらの図から、台風による竜巻は太平洋沿岸で発生していること、東北、北海道では前線によるものがほとんどであること(台風は上陸することが少ない)、九州では南東部の宮崎平野では台風に伴うもの、北部、西部では前線、低気圧に伴うものと地域によって成因がはっきり分かれることなどがわかる。

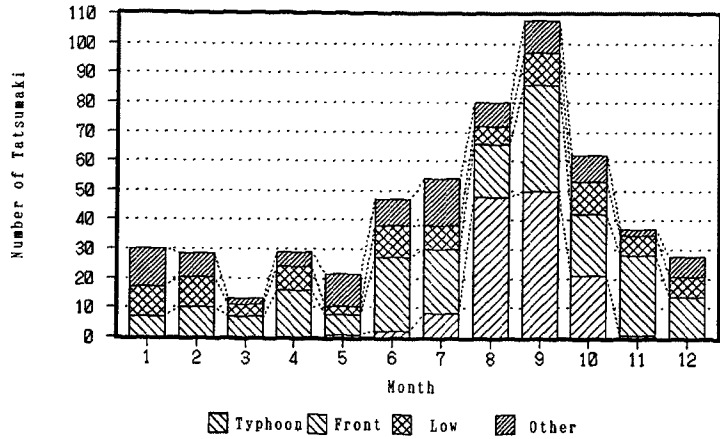


Fig. 5 Number of occurrence of Tatsumaki in every month in Japan from 1961 to 1992 classifying by weather conditions.

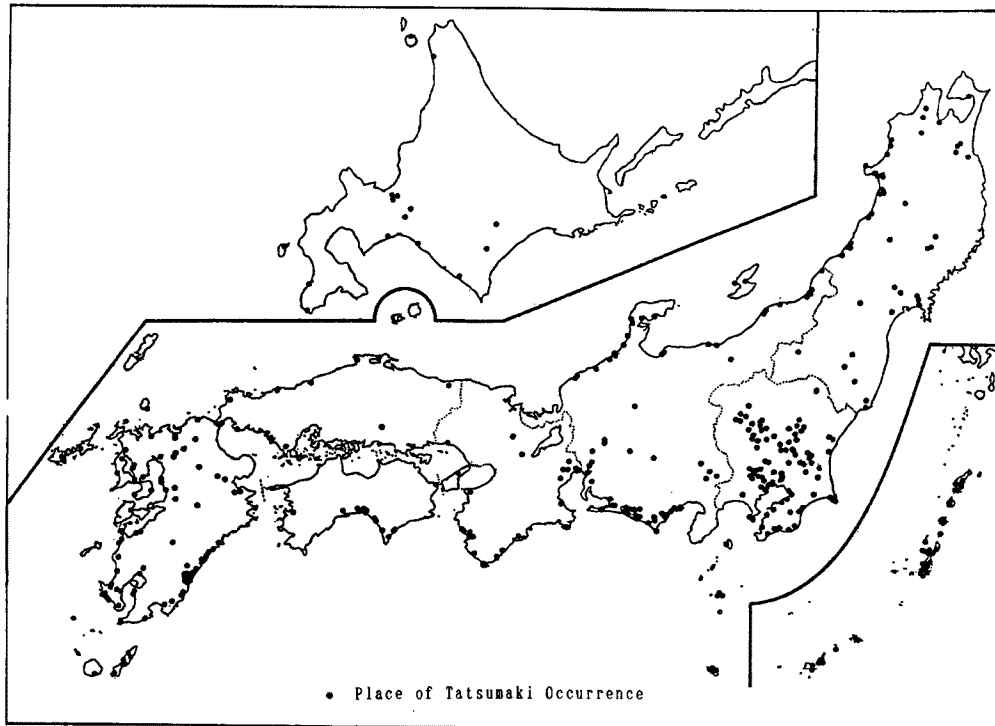


Fig. 6 Location of occurrence of Tatsumaki (●) in Japan from 1961 to 1992.

### 3.4 台風に伴う竜巻

1961年から1992年までの32年間で発生した竜巻のうち、台風に伴うものは131個にで、竜巻の総発生数538個の24.3%にあたる。この32年間に日本に接近または上陸した台風は150個であり、その中の54個の台風に伴って竜巻の発生が報告されている。すなわち、日本に接近または上陸した台風のうちの36.0%は竜巻を伴っている。**Table 4**は、1個の台風に伴って発生した竜巻の個数の頻度を示したものである。平均すると、台風1個につき0.87個の竜巻が発生したことになる。

**Table 5**に示すように、同時に5つ以上の竜巻を伴った台風は過去10個ある。この10個の台風で、台風に伴う竜巻の総発生数の約半数にあたる66個の竜巻が発生している。このように台風に伴う竜巻は特定の台風集中していることがわかる。すなわち、台風の構造、相対的な位置などの関係から、気流の収束が起こりやすい場所で竜巻が発生すると考えられる（たとえば、台風6814、台風8019の宮崎）。

## 4. 竜巻による被害の統計

竜巻による死者、負傷者、家屋の被害を年毎に示したのが**Table 5**である。32年間で死者は13人、負傷者は7,521人、家屋の全壊は882棟、半壊及び一部破損は12,570棟に達する。年平均にすると、死者0.4人、負傷者23.5人全壊家屋27.6棟、半壊及び一部破損329.8棟になる。

1つの竜巻による住家の被害についてその程度まで報告があるのは461例で、そのうち被害なしは175例である。半壊及び一部損壊の発生頻度を示したのが、**Table 6a**である。竜巻1個あたりでは平均29.8棟である。500棟以上の大被害になるのは3個の竜巻の場合で竜巻総数の1%以下にすぎない。同様に全壊住家の発生頻度を**Table 6b**に示す。その90%が全壊住家1棟以下被害であり、竜巻1個あたりの平均は1.0棟である。全壊家屋が50棟以上の報告があった竜巻は3個である（付録のTm6910, Tm9023, Tm9030）。被害家屋の多い竜巻と全壊家屋の多い竜巻が必ずしも一致しないのは、竜巻によって被害の範囲の広い場合と、強いが被害範囲は狭い場合とが存在するためである。

死傷者については報告された総数は764人で、竜巻1個あたりに平均すると1.4人になる。その発生頻度は**Table 6c**に示すとおりである。51人以上の死傷者を出した竜巻は3個である（Tm6928, Tm6910, Tm9030）。結局、被害報告のあった竜巻のうち、約40%の竜巻では人的被害や住家被害は生じていない。全壊家屋が発生するのは約15%、死傷者がでるのは約21%の竜巻についてであることになる。

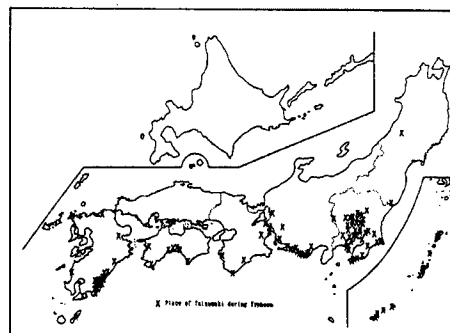


Fig. 7a) Location of occurrence of Tatsu-makis (×) in Japan from 1961 to 1992 in the case of typhoon.

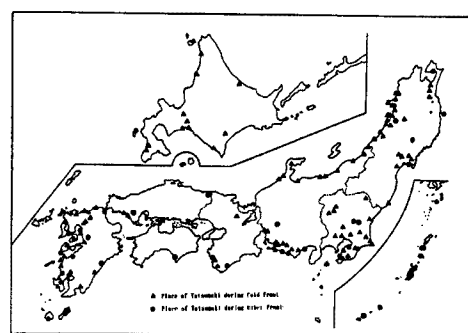


Fig. 7b) Location of occurrence of Tatsu-makis in Japan from 1961 to 1992 in the case of fronts. (▲) is in the case of Cold fronts and (●) is in other fronts.

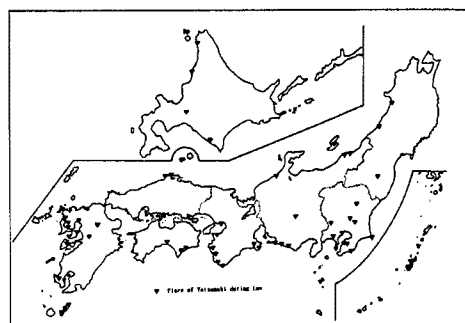


Fig. 7c) Location of occurrence of Tatsu-makis (▼) in Japan from 1961 to 1992 in the case of cyclones.

Table 4. Relative frequency of Typhoons accompanied with Tatsumaki from 1961 to 1992.

竜巻の数	台風の数	相対頻度 %
0	96	64.0
1	28	18.7
2	12	8.0
3	3	2.0
4	1	0.7
5以上	10	6.7
合計	150	100.0

台風1個あたりの竜巻の平均  
0.87個

Table 5. Typhoons accompanied with more than five Tatsumaki and the prefecture of occurrence of Tatsumaki.

台風	竜巻の数	竜巻発生地とその数
7912	11	鹿児島1 宮崎2 大分1 高知1 三重3 愛知1 千葉1 東京1
7123	8	高知1 静岡2 千葉3 東京2
6909	7	大分1 茨城2 千葉1 東京1 福島1
7617	7	静岡1 茨城3 栃木2 群馬1
8019	7	鹿児島1 宮崎6
9019	6	静岡1 東京1 茨城3 栃木1
6214	5	静岡4 茨城1
6517	5	東京1 埼玉2 茨城2
6814	5	宮崎5
7408	5	高知1 静岡2 神奈川1 東京1

Fig. 8a, bには竜巻による被害の範囲についての統計を示した。被害の幅及び被害の長さの分類はPeason Scaleに則って行った。被害の幅の平均は119mであり、58%が幅50以下である。被害の長さは平均3.2kmであり、約半分の48%は1.6km以下である。

5. おわりに

1961年から1992年の32年間に発生し報告のあった竜巻について、発生数とその被害についてまとめてみた。1993年以降に、発表された文献は付録として添付している。

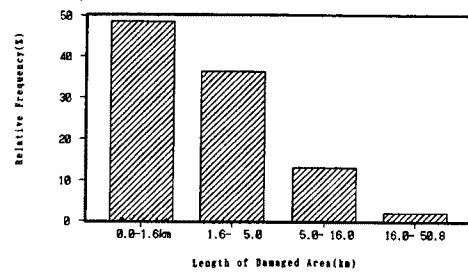


Fig. 8a) Relative frequency of width of damaged area in Tatsumaki.

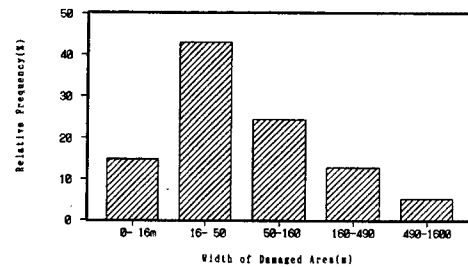


Fig. 8b) Relative frequency of length of damaged area in Tatsumaki.



Table 6a. Relative frequency of damaged houses during Tatsumaki from 1961 to 1992.

損壊住家数	頻 度	相対頻度 %
0	175	38.0
1- 15	95	20.6
6- 10	54	11.7
11- 50	99	21.5
51-100	16	3.5
101-500	19	4.1
501-	3	0.7
TOTAL	461	100.0

平均損壊家屋数 29.8棟

Table 6b. Relative frequency of completely damaged houses in Tatsumaki from 1961 to 1992.

全壊住家数	頻 度	相対頻度 %
0	377	81.8
1	38	8.2
2- 5	33	7.2
6- 10	6	1.3
11- 50	4	0.9
51-	3	0.7
TOTAL	461	100.0

平均全壊家屋数 1.0棟

Table 6c. Relative frequency of the died and the injured in Tasumaki from 1961 to 1992.

死傷者数	頻 度	相対頻度 %
0	423	78.6
1	44	8.2
2- 5	41	7.6
6- 10	16	3.0
11- 50	11	2.0
51-	3	0.6
TOTAL	538	100.0

平均死傷者数 1.4人

## 参 考 文 献

- 1) 光田 寧編 (1983)：竜巻などの瞬発生気象災害の実態とその対策に関する研究文部省科学研究費自然災害特別研究成果，自然災害科学総合研究班，No.A-58-3.
- 2) 文字 信貴

## 付 録

## 1983 年以降発表された文献

1. 小林文明，岩波 越，菊池勝弘，1986，「1985 年 9 月 10 日，北海道広島町に発生した竜巻について」，日本気象学会 1986 年秋季大会講演予稿集，pp.109.
2. 菊池勝弘，上田 博，小林文明，岩波 越，城岡竜一，高橋暢宏，金村直俊，1988，「1988 年 9 月 22 日札幌近郊で発生した竜巻と降雹その 1：観測の概要」，日本気象学会 1989 年春季大会講演予稿集，pp.178.
3. 小林文明，菊池勝弘，1988，「1988 年 9 月 22 日札幌近郊で発生した竜巻と降雹その 2：竜巻の発生と気象状態」，日本気象学会 1989 年春季大会講演予稿集，pp.179.
4. 城岡竜一，上田 博，1988，「1988 年 9 月 22 日札幌近郊で発生した竜巻と降雹その 3：ドップラーレーダーでみた竜巻の内部構造」，日本気象学会 1989 年春季大会講演予稿集，pp.180.
5. 上田 博，1988，「1988 年 9 月 22 日札幌近郊で発生した竜巻と降雹その 4：雹粒の内部構造」，日本気象学会 1989 年春季大会講演予稿集、pp. 181.
6. 北大理学部 レーダー観測グループ，1988，「1988 年 9 月 22 日千歳市で発生した竜巻」，日本気象学会 1989 年春季大会講演予稿集，pp.248.
7. 林 泰一，1989，「1989 年 9 月 25 日に串本町で発生した竜巻について」，京都大学防災研究所年報第 32 号 B-1，pp.439-452.
8. 安達 智，1990，「1988 年 9 月 25 日串本町を通過した竜巻について」，日本気象学会 1990 年秋季大会講演予稿集，p.28.

9. 林 泰一, 前田潤滋, 丸山 敬, 1990, 「1990年2月19日鹿児島県枕崎市で発生した竜巻について」, 日本風工学会誌第43号, pp.45-48.
10. 林 泰一, 1990, 「1990年4月3日沖縄県金武町で発生した竜巻について」(未発表).
11. 林 泰一, 丸山 敬, 1990, 「1990年4月6日石川県富来町で発生した竜巻について」(未発表).
12. 林 泰一, 1990, 「1990年9月3日和歌山県田辺市で発生した竜巻について」(未発表).
13. 新野 宏, 菲沢 浩, 大野久雄, 鈴木 修, 1991, 「1990年9月19日栃木県壬生町の竜巻」, 日本気象学会1991年春季大会講演予稿集, pp.16.
14. 鈴木 修, 大野久雄, 1991, 「1990年9月19日壬生町竜巻周辺の気流構造について」, 日本気象学会1991年春季大会講演予稿集, pp.17.
15. 光田 寧, 林 泰一, 浅井富雄, 岩谷美祥, 「1990年12月11日房総半島で発生した竜巻について」, 文部省科学研究費突発災害調査研究成果「1990年12月11日千葉県に発生した竜巻による暴風災害の調査研究」, pp.1-24.
16. 小林文明, 内藤玄一, 道本光一郎, 1992, 「冬季日本海上の降雪雲に伴って発生した竜巻」, 第12回風工学シンポジウム論文集, pp.55-59.