

1979年に発生した台風に伴う竜巻

光田 寧・文字信貴・石川裕彦

TYPHOON-ASSOCIATED TATSUMAKI IN 1979

By *Yasushi MITSUTA, Nobutaka MONJI and Hirohiko ISHIKAWA*

Synopsis

Three typhoons landed on Japan and spawned 15 Tatsumaki in 1979. One of them, T7912 spawned 11 Tatsumaki in two days, which is the largest number in the past. The meteorological conditions of T7912 are examined and compared with other typhoons T7916 and T7920, which spawned less numbers of Tatsumaki. T7912 is found to have more unstable thermal structure in the mid level and the rain band about 200–300 km away from the typhoon center is supposed to be the source of Tatsumaki.

The detailed feature of the Tatsumaki which occurred in Nagoya associated with typhoon T7912 is also studied. Variation of the visual funnel cloud is shown by photograph and the observed wind patterns are analyzed. This Tatsumaki is considered to have been spawned in a mesocyclone moving northward in a rain band about 200 km away from the typhoon center.

1. 序

1979年には3つの台風が日本に上陸した。9月3日の21時頃に志布志湾から宮崎県南部をかすめ、愛媛、岡山、兵庫などを通過した台風7912号、9月30日に四国の室戸付近に上陸し大阪湾からほぼ北東へ移動した台風7916号、及び10月9日に紀伊半島の白浜付近に上陸し、名古屋付近を通りほぼ北東へ移動した台風7920号である。そのうち台風7912号に伴い、鹿児島県内之浦から東京地方に及ぶ範囲に大小11個の竜巻が発生した。また台風7916号では宮崎県に3個の竜巻が発生し、台風7920号については山梨県で1個の竜巻が報告されている。特に台風7912号に伴う竜巻の数は過去に記録に残っている台風の中では最も多いものである。

台風に伴って日本で発生した竜巻に関する研究には、Fujita 他¹⁾ などがあり、過去22年間(1950～1971年)の台風に伴う竜巻68個について調べられている。そこに示されたものの中では1971年8月の台風7113号に伴って四国から東海、関東にかけて発生した9個が最も多い。この期間以後(1972～1978年)のものでは、気象年鑑及び気象要覧から調べると、台風7408号に伴う5個、台風7617号に伴う7個などがある。また過去15年間(1965～1979年)に発生した竜巻の総数227個のうち67個、すなわち約30%が台風の循環内で発生している事になる。一方、脇田と木ノ脇²⁾ は宮崎平野で1934～1964年に発生した竜巻を調べ、28個中17個が台風に伴うものである事を述べている。

一方、大西洋の熱帯低気圧であるハリケーンに伴って発生したトルネードに関しても多くの論文が発表されている。Hill 他³⁾ は1955～1964年の10年間についてハリケーンに伴ったトルネード136個を集計し、トルネードの発生時刻、場所、移動方向、負傷者、ハリケーンの中心からの距離と方位、ハリケーンの移動方向と発達段階などを含む表を作成した上で、トルネードの発生とハリケーンの性質との関係を調べている。そしてトルネードの生じる確率の高い状況として、熱帯低気圧がハリケーン強度(風速 33 m/sec 以上)に達している事と北進している事を指摘し、さらにトルネードの94%が中心に対し10°～120°の方位、60～200 miles の距離の範囲で発生している事などを見出ししている。

1つのハリケーンに伴って生じたトルネードの数では、Hill 他が対象とした期間中のものでは1961年のハリケーン Carla に伴った22個が最も多く、これについては別に詳しい研究^{4),5)}がある。その他、ハリケーン Audrey (1957) の21個、ハリケーン Cleo (1964) の16個などが多い。その後1967年のハリケーン Beulah に伴って9月19日～23日の5日間に発生したトルネードの数は115個に及び、史上最大数を記録した。これ

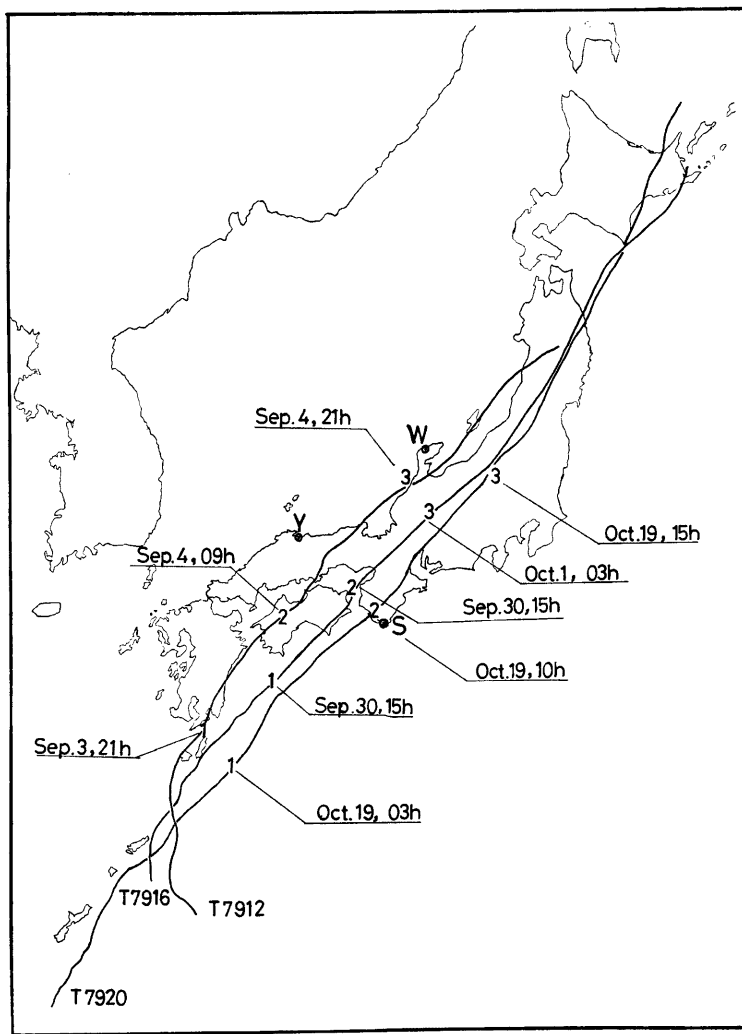


Fig. 1. Path of the three typhoons which landed on Japanese Islands in 1979. The numbers and symbols in the figure are explained in Table. 2.

Table 1 List of Tatumaki associated with Typhoon in 1979

Date	Time	Place	Azimuth (deg)	Range (km)	Direction of Movement	Path		Death/ Injures	House damage		
						Width (m)	Length (km)		Uttery destroyed	Partly destroyed	non resident
T7912											
Sept. 3	12:15	Uchinomura, Kagoshima	22	190	NW	10-50	2	0/0	0	2	1
	16:15	Kunitomi Aya, Miyazaki	29	170	NW	10-20	5.6	0/1	0	10	5
		Miyazaki, Miyazaki	21	170	NW	10-30	2.3	0/0	0	36	6
		Oita, Oita	14	275	NW	-	4.6	0/1	0	40	1
	03:00	Muroto, Kochi	68	230	N	-	0.4	0/0	1	13	0
	09:35	Yokkaichi, Mie	66	290	N	200-300	2.5	0/6	0	26	23
	10:15	Kuwana, Mie	68	290	N	30-50	1	0/0	0	11	1
	10:30	Tsutan, Mie	68	290	N	20-30	0.1	0/0	0	7	0
	13:30	Nagoya, Aichi	81	260	N	50	15	1/4	0	98	2
	18:55	Matsudo, Chiba	97	350	NE	10	2	0/0	1	3	0
	20:40	Higashikurume, Tokyo	108	275	-	-	0.5	0/0	0	28	2
T7916											
Sept. 30	06:00	Miyazaki, Miyazaki	16	155	WNW	100	4.9	0/3	0	117	15
	07:05	Miyazaki, Miyazaki	11	160	W	-	-	0/0	0	8	5
	07:05	Kunitomi, Miyazaki	11	160	-	-	1.3	0/0	0	9	
T7920											
Oct. 19	13:30	Tsuru, Yamanashi	130	115	-	-	-	1/0	0	1	0

については Ortor⁶⁾の研究がある。

ここでは、1979年に日本に上陸した台風に伴って発生した竜巻について、台風7912号に伴う竜巻が多かった原因の手がかりを得る努力をするとともに、7912号に伴って名古屋で発生した竜巻について、被害状況、漏戸雲、風系などを調べた。

2. 台風の進路と竜巻

1979年に上陸した3個の台風の進路を Fig. 1 に示す。3つの台風は日本本土に接近した後はほぼ平均的な進路を進み、約100 km ほどずつ離れたほぼ平行な径路を移動した。進行速度は12, 16, 20号が各々、35 km/hr (岡山付近)、45 km/hr (大阪湾)、70 km/hr (白浜付近)であった。これらの台風に伴って発生した合計15個の竜巻の発生時刻、場所、被害の概要その他を Table 1 に示す。この表は直接著者等が現地調査を行ったものの他、雑誌「気象」⁷⁾に掲載されたものを加えて作成したものである。なおこの表に示した竜巻の他、上陸しなかった台風(T 7910, T 7911)の影響が考えられる気象状況下で発生した竜巻が高知県と福岡県で1個ずつある。これらも含めると1979年の竜巻の総数28個の中で台風に伴うものは17個であり、半数以上が台風の循環の及ぶ範囲内で発生している事になる。

被害からみた竜巻の規模について見ると、米国でのハリケーンに伴うトルネードの場合には他の原因によるトルネードの場合程大きくなく被害幅も半分程度である (Smith⁸⁾)とされているのに対し、日本の竜巻の場合は一般に米国のような強大なトルネードは認められず全体として弱いので、このような原因による差異は今日まで認められていない。1979年に生じた竜巻についても特にその原因によって異った点は認められない。発生場所もこれまで多発地帯とされている宮崎平野、高知東部、東海、関東で大部分が発生している。

Fig. 2 には台風7912号について竜巻の発生位置と発生時の台風の中心位置とを示してある。この図を見てわかるように台風の進行方向の右前方、あるいは中心に対し北東象限を中心とした領域で竜巻が発生している。Fig. 3 には台風の中心に相対的な竜巻の発生位置を方位と距離で示してある。殆んどが中心から150~300 km の北東象限に集まっている事がわかる。これは Hill 他³⁾によるハリケーンに伴うトルネードの調査

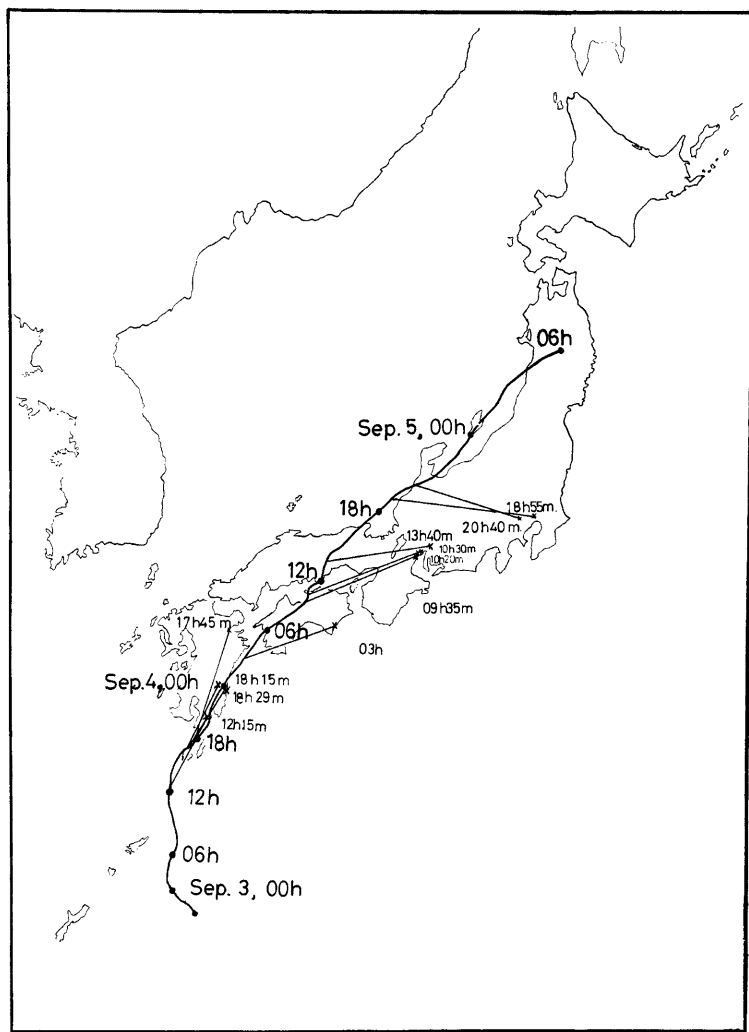


Fig. 2. Path of the typhoon T7912 and the locations of associated Tatsumaki.

結果と対応するものである。熱帯低気圧に相対的な竜巻の位置を進行方向を基準とした方位角と距離とで表わす方法も考えられている^{1), 3), 5), 9), 10)}。竜巻が発生している台風の北東面（あるいは右前方）の気象状況がどのようになっている、それが竜巻発生とどのように関係しているかという点が、台風に伴う竜巻の研究の主な問題点になると考えられる。

3. 台風接近時の気象状況

台風7912号に伴い四日市、桑名、名古屋において竜巻が発生した。それらの発生時刻に近い9月4日の10時と13時の天気図を Fig. 4 (a), (b) に示す。台風は四国西部から児島半島へ向って進んでおり、名古屋から西で雨が降っている。また Photo. 1 に同日12時 (JST) の静止衛星からの赤外写真を示す。これで見ると台風中心の約 300 km 東にはほぼ南北に延びる高く大きな帯状の雲域が見える。Fig. 5 は高安山レーダーの映像から雨域をスケッチしたものである。台風を中心から 200~300 km のところにあるレインバンドが台風の移動とほぼ同じ速さ (30~40 km/hr) で東へ移動している。Fig. 6 は10時38分に高安山レーダーから北東へ向けて観測された RHI 画像である。高さ 9 km に達する背の高いエコーがレインバンドに対応する位置に認められる。Hill 他³⁾ や Sadowski⁴⁾ によると熱帯低気圧のレインバンドは、pre-hurricane squall line と呼ばれ、instability line や、pressure jump line

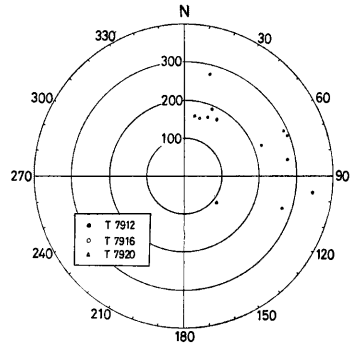


Fig. 3. Location of Tatsumaki with reference to the typhoon center.

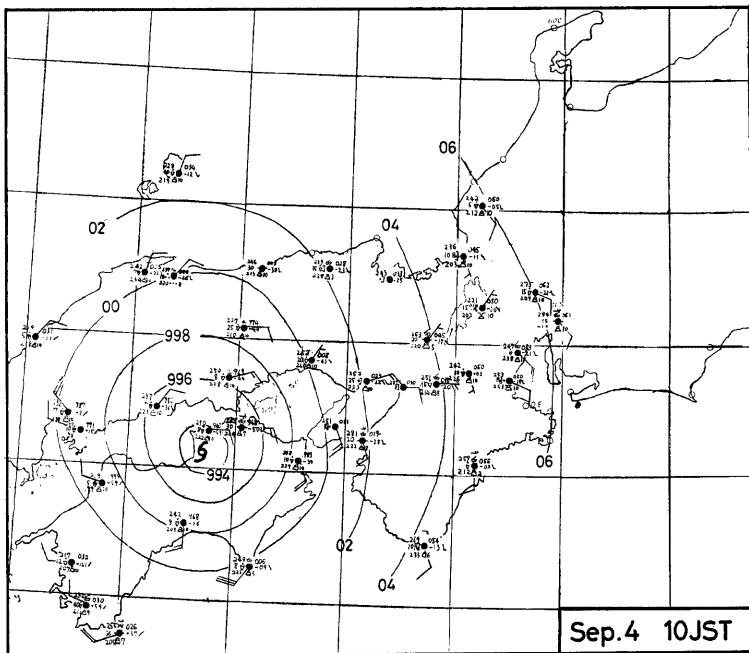


Fig. 4(a) Surface weather map, at 1000 JST, Sep. 4th, 1979.

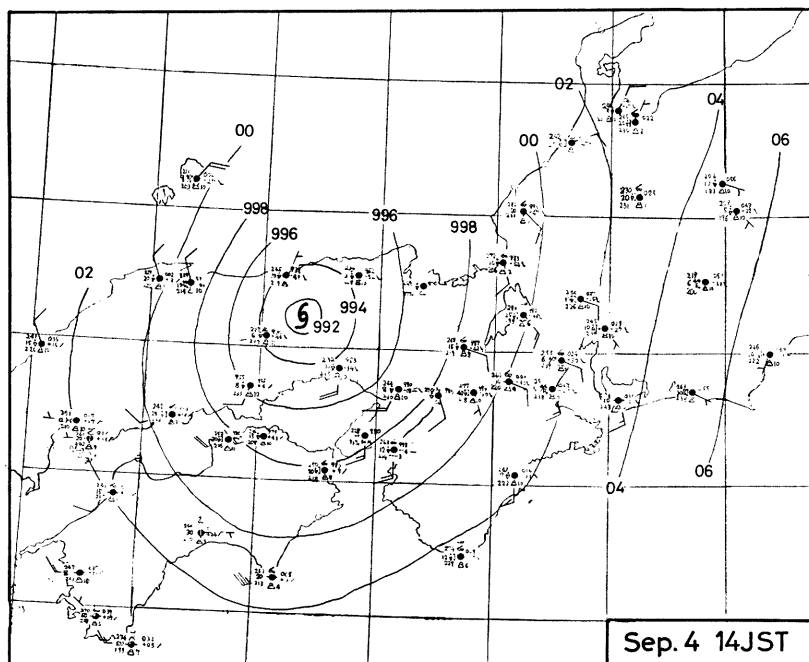


Fig. 4(b) Surface weather map, at 1400 JST, Sep. 4th, 1979.

と同様な性質を持っており、その中では温湿度、風などの変化が大きく、対流の活発な領域である。このようなレインバンドを持つ構造は他の2つの台風では顕著でなかった (Photo. 2)。台風12, 16, 20号のエコーに見られるこの相違は台風の外側域での大気の安定度と関係しているものと考えられる。

Fig. 7 (a), (b), (c) に台風12, 16, 20号の接近時の潮岬の高層の鉛直時間断面を示す。Fig. 1 に示したように3個の台風は潮岬の西側を北東へ移動しているの、潮岬は台風の東側半円の中の状態をいずれの場合についても示していると思われる。Fig. 7 (a) を見ると台風7912号の場合は9月4日の0900頃に700 mb 付近が低温多湿となっている事がわか

る。竜巻はこの時の前後に室戸と四日市、名古屋で発生しており、このような領域の移動が竜巻発生と関係ありそうである。同様の結果は Fujita et al.¹⁾ により台風7113号に伴い7月17日に大宮市に竜巻が発生した当時の館野の高層にあらわれている事が示されており、上空の冷気の移流が大気を不安定化し積乱雲の発達に重要な役割を果たし、さらにその付近に温度風関係による中層ジェットを作り出し湿潤な空気を南側より

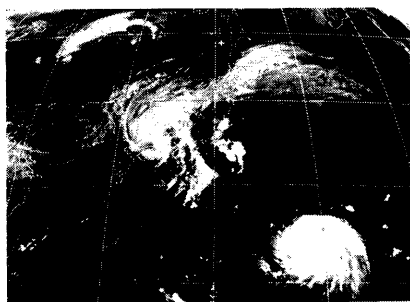


Photo. 1 The infrared photograph by GMS at 1200 JST Sep. 4. The center of T7912 is at the Seto Inland Sea.

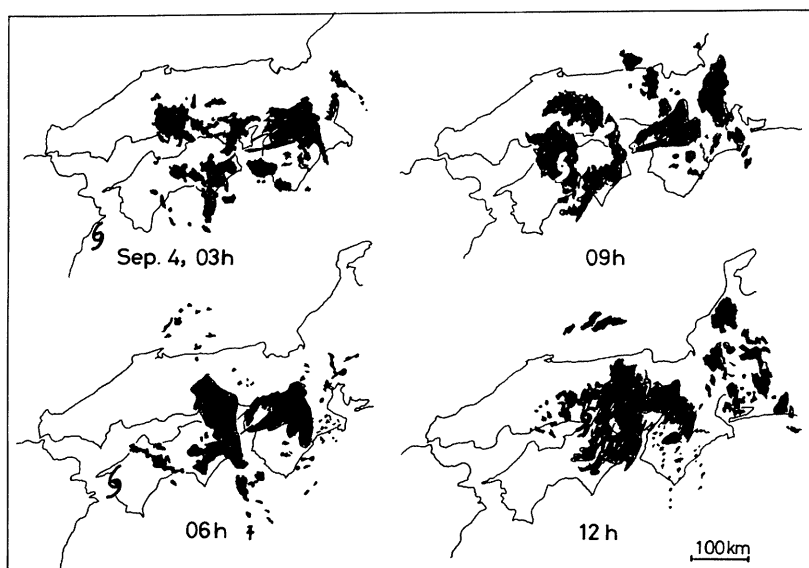


Fig. 5. Translation of the rain band, as observed by the Takayasu-Yama radar.

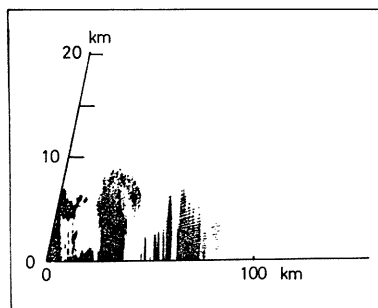


Fig. 6. RHI photograph of Takayasu-Yama radar at 1038, Sep. 4th. Azimuth is 55° . This is the time when a Tatsumaki was found in Kuwana.

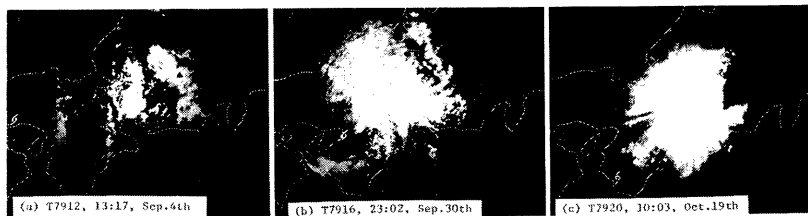


Photo. 2 Comparison of three typhoon echoes as observed by the Nagoya radar.

(a) T7912, (b) T7916, (c) T7920.

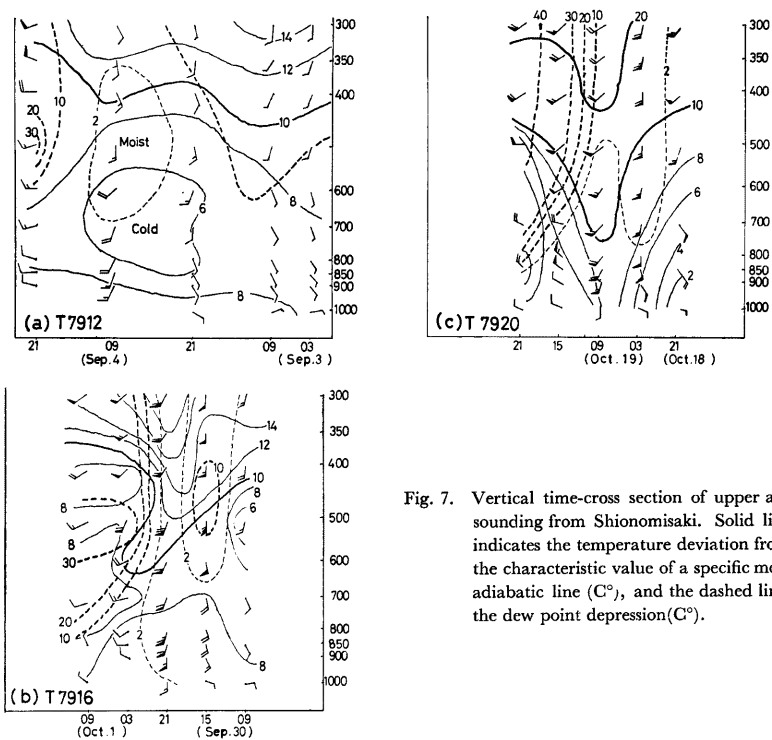


Fig. 7. Vertical time-cross section of upper air sounding from Shionomisaki. Solid line indicates the temperature deviation from the characteristic value of a specific moist adiabatic line (C°), and the dashed line the dew point depression(C°).

Table. 2 Showalter stability index for the 3 typhoons at a) Shionomisaki at three locations, and b) Yonago, Wajima and Shionomisaki when each typhoon is at the location indicated by 2.

Typhoon	Typhoon location in Fig.		
	1	2	3
7912	-0.4	-1.4	+1.2
7916	+0.7	+1.6	+0.7
7920	-1.0	+2.0	+10.5

Typhoon	Location		
	Yonago	Wajima	Shionomisaki
7912 2	-0.4	+1.7	-1.4
7916 2	+2.6	+0.2	+1.6
7920 2	+12.0	+2.8	+2.0

運び入れる役割りをしているとの説明がなされている。台風7920号（Fig. 7(c)）の場合は温度の成層状態はより安定で中層での冷気の移流は認められず、湿度についてもある狭い範囲が極値を持つ様な状態にはなっていない。台風7916号（Fig. 7(b)）の場合は両者の中間である。

対流圏の中層部の安定度を定量的に示す数として、Showalter の安定度指数が用いられることが多い。これは、850 mb と 500 mb の間の層の温度勾配と断熱温度勾配の差として表わすもので、雷雲の発生予測などにも用いられており、+ 4 以上の時は積乱雲の発達はなく、負になると活発な雷雨があるとされている。

対象とする3個の台風について **Fig. 1** に1, 2, 3で示した位置での潮岬でのこの Showalter 指数を **Table 2 (a)** に、また2で示した位置での米子 (Y), 輪島 (W), 潮岬 (S) での値を **Table 2 (b)** に示してある。これからも台風7912号の場合が他の場合よりも不安定となっている事がわかる。これらから見ると台風に伴う竜巻は大気安定度と関係のあるらしい事は解るが、不安定な場合にレインバンドとなり、さらにそこに竜巻が発生するというためには、さらに多くの台風について解析して見た上でなくてはならない。

4. 9月4日に名古屋で発生した竜巻

4.1 概要

台風7912号に伴って発生した11個の竜巻のうち4個は **Fig. 8** に示すように伊勢湾の北岸にある四日市、桑名、名古屋で発生した。そのうち名古屋で発生したものは最も被害域が大きく死者も出た。

9月4日13時40分頃名古屋市天白区野並付近に発生した竜巻はほぼ北に進み、瑞穂区、昭和区、千種区、守山区を通り名古屋空港の東1.7km 付近の春日井市に至る長さ15kmに及ぶ地域に被害を与えた。被害幅は最大で50m程で発生場所も飛び飛びであり、被害の程度も比較的軽微であった。しかしながらそれでも瑞穂区で死者が1名で他、守山区の小学校では下校時の児童数人が軽傷を負った。この竜巻は名古屋地方気象台の西600mの所を通過した為、気象台の自記記録にも竜巻の通過に関連した記録が残された他、漏戸雲の写真やレーダーの詳細な記録が得られた。また名古屋航空測候所の風の記録にも竜巻と関係すると考えられる変化が現われている。竜巻の移動速度は被害の発生時刻や自記記録などより、発生地点から気象台付近までが12km/h、気象台付近通過時が25km/h、名古屋空港付近までの平均移動速度が40km/hと考えられる。

4.2 漏戸雲の写真

名古屋地方気象台から撮影された漏戸雲の写真と気象台付近の被害分布を **Fig. 9** に示す。被害分布から推測される竜巻の径路と竜巻の方位から撮影時の位置を決定し、図中に番号で示し写真と対応させてある。また写真は距離を考慮して漏戸雲の位置でスケールが同じになるように焼き直してある。

漏戸雲は、先端が地表まで達しているものや達していないもの、円筒形をしているものや漏戸状のものなど、大きさや形が激しく変化している事がわかる。また漏戸雲が連続的に観察されたものにも関わらず被害分布が離散的である事は、竜巻の風の強さが変化している事、あるいは強風域が地面に対したり達しなかったりしている事を示唆していると考えられる。しかしこの点と漏戸雲の変化との対応は見出せない。

漏戸雲の成因については、急激な上昇流と中心付近の気圧降下によって生じる断熱膨張による凝結であると考えられる説などもあり、多くの仮定の下に最大風速半径との関係を論じた研究もあるが、実際に発生した竜巻に適用して考えるのは難しい。名古屋の竜巻については、漏戸雲は上部の積乱雲から激しく出入りしているように見えたという目撃談もある。

4.3 自記記録

この竜巻は名古屋地方気象台の西約600mを通過し、また名古屋航空測候所の東約1.7kmの地点まで移

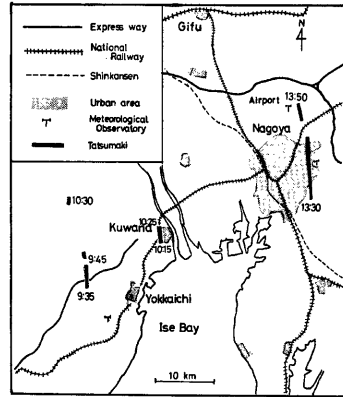


Fig. 8. Distribution of Tatumaki around Ise Bay associated with T7912, Sep. 4th, 1979.

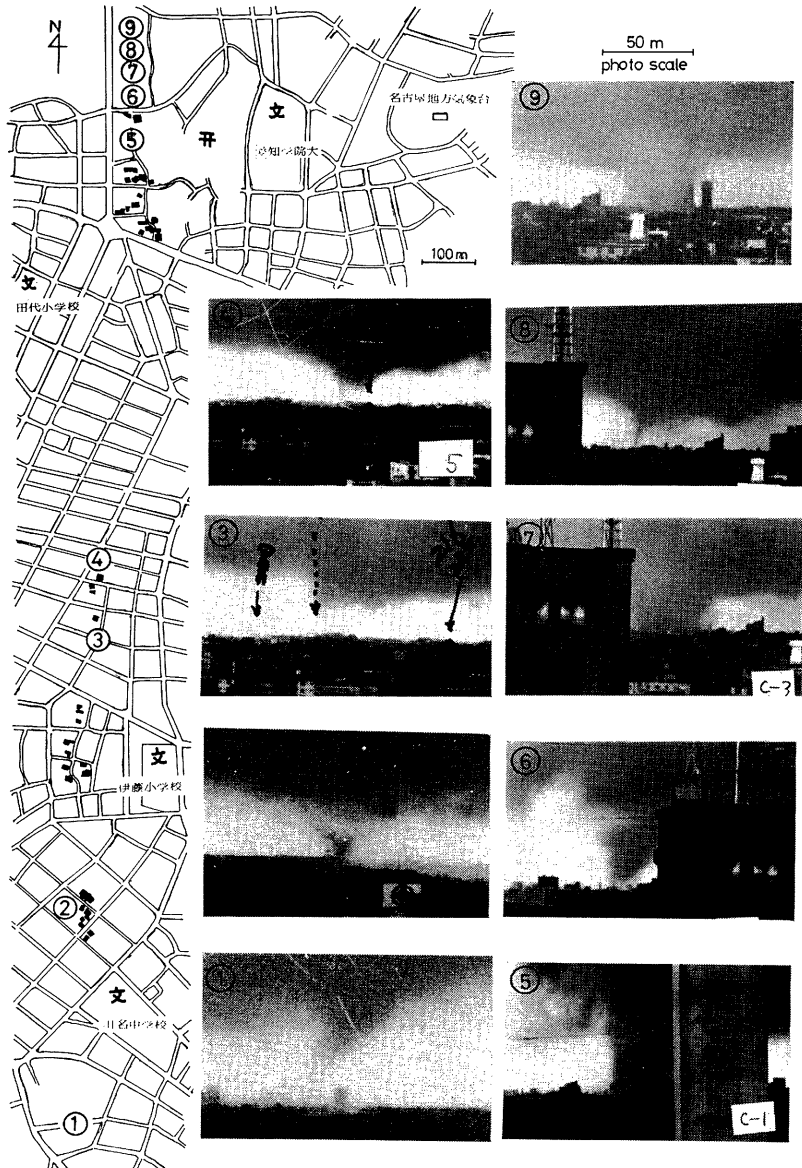


Fig. 9. Series of photograph of Tatsumaki taken from the Nagoya Meteorological Observatory, and the detailed damage distribution. Black marks indicate the damaged houses.

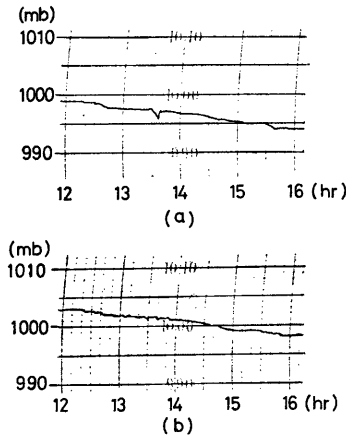


Fig. 10. Records of barometric pressure at (a) Nagoya Meteorological Observatory and (b) Nagoya Airport.

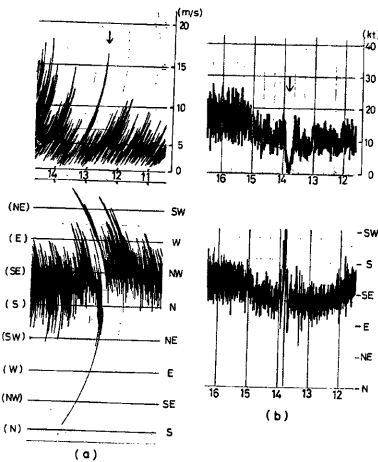


Fig. 11. Record of wind. (a) and (b) is same as Fig. 10.

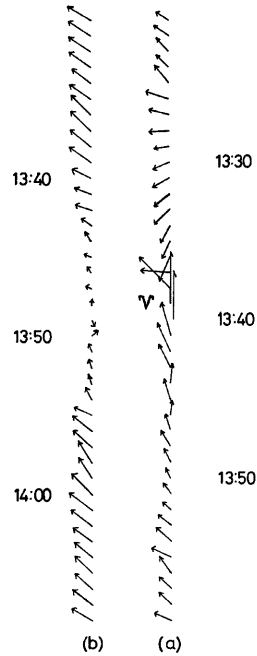


Fig. 12. Time variations of the wind vector. The distance between two arrays are adjusted to show the wind pattern. (a) and (b) is also same as Fig. 10.

動した為、竜巻の径路をはさむ2地点での自記記録が得られた。

Fig. 10 に両地点での気圧の記録を示す。また Fig. 11 には風向、風速の自記記録を示す。名古屋地方気象台では竜巻が近くを通過した時刻(13時39分)に最大瞬間風速 16.5 m/s を記録し、その前後で風向も急激に変化している。また気圧は10分間程の間に特徴的な低下を示している。一方名古屋航空測候所では13時48分頃に風速は極小となり風向も変化している。気圧の変化は顕著ではない。自記紙より

最大風速と平均風向を1分毎に読みとり、風ベクトルとして表示したのが Fig. 12 である。さらに竜巻の渦と直接関係ないと考えられる通過前後30分頃の風から求めた平均風を引きさったものを Fig. 13 に示す。両図とも竜巻が最も近くに来たと考えられる名古屋地方気象台で最大風速を記録した時間と航空測候所で風速が極小となった時間とを合わせて、竜巻の中心に相対的な風速分布となるように並べてある。但し竜巻の

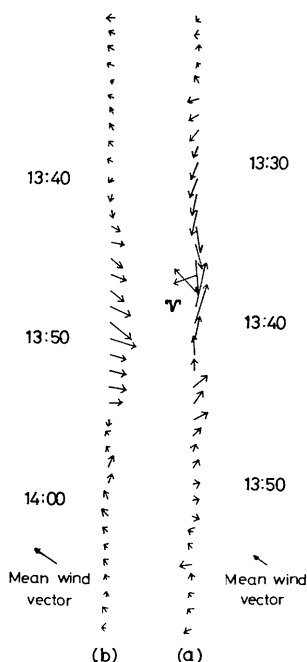


Fig. 13. Same as Fig. 12, but the mean wind vector is subtracted from instantaneous wind vector.



Photo. 3 The echo of the meso cyclone at Nagoya Meteorological Observatory at 1348, Sep. 4, 1979. The distance between the circles is 10 km. The location of Tatswmaki is indicated by the white arrow.

移動速度の変化は考慮していないので、あくまで概念的なものである。全体として低気圧性の旋回風系のようなものが見える。また竜巻に伴う旋回風はかなりスケールの大きなもの、大雑把に移動速度を考えると10kmのオーダーのものである事が推測される。また Fig. 10 に示した名古屋地方気象台の気圧の自記記録より明確な気圧降下の生じている範囲のスケールを気象台付近の移動速度を用いて計算すると5km未満と推測できる。この事は竜巻から1.7km離れていた航空測候所では明確な気圧降下が見

られない事からも考えられる。近藤¹¹⁾は名古屋のレーダーエコーの変化の解析により、この擾乱に対応すると考えられるエコーは時速47kmでレインバンド中をほぼ北へ移動している事を見出した。この擾乱によるものと考えられるHook状エコーが名古屋地気象台のレーダーによって捕えられている (Photo. 3)。この写真は竜巻の漏戸雲が名古屋空港付近に現われた時刻に対応する。

以上から名古屋に発生した竜巻は台風に伴って中心から東方に約250km離れた場所にあったレインバンドの中に発生し、その中を北上したメソ擾乱に伴って発生したと言える。レインバンドそのものの発生機構を含めて、さらに調べるべき問題は多い。

謝 辞

この論文をまとめるにあたり資料を提供していただいた気象官署の方々、並びに各地方公共団体の方々に深く感謝する。

参 考 文 献

- 1) Fujita, T.T., K. Watanabe, K. Tsuchiya and M. Shimada: Typhoon associated tornadoes in Japan and new evidence of suction vortices in a tornado near Tokyo. J. Meteor. Soc. Japan, Vol. 50, 1972, pp. 431-453.

- 2) 脇田哲雄, 木ノ脇秀哉：宮崎県に発生した“たつまき”について, 研究時報, 22巻6号, 1970, pp. 199-304.
- 3) Hill, E.L., W. Malkin and W.A. Schulz, Jr.: Tornadoes associated with cyclones of tropical origin—Practical features. J. Appl. Meteor., Vol. 5, 1966, 745-763.
- 4) Sadowski, A.: Tornadoes associated with Hurricane Carla, 1961. Mon. Wea. Rev., Vol. 90, 1962, pp. 514-516.
- 5) Rudd, M.I.: Tornadoes during Hurricane Carla at Galvestone. Mon. Wea. Rev., Vol. 92, 1964, pp. 251-254.
- 6) Orton, R.: Tornadoes associated with Hurricane Beulah on September 19-23, 1967. Mon. Wea. Rev., Vol. 98, 1970, pp. 541-547.
- 7) 市川清見：1979年のたつまき, 気象, No. 272, 1979, pp. 9.
- 8) Smith, S.J.: The hurricane-tornado. Mon. Wea. Rev., Vol. 93, 1965, pp. 453-459.
- 9) Sadowski, A.: Tornadoes with hurricane. Weatherwise, Vol. 71, 1966, pp. 70-75.
- 10) Pearson, A.D. and A.F. Sadowski: Hurricane-induced tornadoes and Wea. Rev., Vol. 93, 1965, pp. 461-464.
- 11) 近藤五郎：昭和54年9月4日名古屋市内を襲った竜巻, 東管ニュース, No. 57, 1979, pp. 1-5.