

台風 9313 号の気圧と強風の分布の特性について

藤井 健・光田 寧

ON THE PRESSURE AND WIND DISTRIBUTIONS IN TYPHOON 9313 (YANCY)

By Takeshi FUJII and Yasushi MITSUTA

Synopsis

The sea-level pressure profile in Typhoon 9313 (YANCY) hitting on the Japanese Islands on September 2-4 in 1993 was analyzed by the use of the Schloemer's equation through the objective method. At the time of passing through at the Kume Island in the Nansei Islands, the radius of maximum wind was 22km with coincidence to the area with strong echoes on the radar image, and it increased to 59km at landfall on the South Kyushu. The filling rate after landfall was smaller than that estimated from the Matsuno's theory. At landfall on the Japanese Main Islands, the pressure gradient at the radius of the maximum wind was larger than that of Typhoon 9119 (MIREILLE). However, owing to relatively small translation speed, the maximum wind speed was almost equal to that in Typhoon 9119. At stations inside the maximum wind radius, the surface wind speed got close to the gradient wind speed and sometimes exceeded it.

1. はじめに

1993 年 9 月 2 日から 4 日にかけて南西諸島および本土に來襲した台風 9313 号（以下台風 13 号と略す）は、種子島で 59.1ms^{-1} 、宮崎市で 57.9ms^{-1} の最大瞬間風速を記録した。気象庁予報部¹⁾によると、13 号の本土上陸直前の 3 日 15 時の中心気圧は 930hPa であり、1945 年の枕崎台風²⁾、1959 年の伊勢湾台風 (5915 号)³⁾、1961 年の第二室戸台風 (6118 号)⁴⁾ に次ぐ低い中心気圧をもった台風であった。

台風 13 号による被害は、気象要覧によると、鹿児島県を中心として、死者・行方不明 48 人（うち 33 人は鹿児島県）、負傷者 266 人、住家の全壊・流失 285 棟、半壊・一部損壊 1,607 棟、山・がけ崩れ 219 か所であった。

われわれは、台風 13 号通過時の各気象官署における気圧と風の観測記録を収集して、気圧分布について解析を行い、その特性について調べた。また、気圧分布から傾度風速の分布を計算し、実測地表風速と比較した。その結果、台風 13 号の気圧分布と強風分布についていくつかの特性が明らかになったので報告する。

2. 台風 13 号の一般的特性

台風 13 号は、気象庁予報部¹⁾によると、1993 年 8 月 29 日 9 時に沖の鳥島東方海上で発生した弱い熱帯低気圧が発達し、1 日後台風 13 号になった。この台風は、Fig. 1 に示すように、発達しながら、9 月 1 日 18 時頃に転向した（この時の中心気圧は 955hPa）。その後、さらに発達し、2 日 18 時に沖縄本島の西海上の久米島あたりに達したところ、中心気圧は 925hPa にまで下がり、その勢力は 30°N 線を越えて本土上陸直

前まで維持された。そして、3日16時前に鹿児島県薩摩半島南東端付近に上陸し、徐々に衰弱しながら、九州東南部を通過、愛媛県西北部をかすめて、瀬戸内海に出た。さらに、広島県東部に再上陸、岡山県を通過し、鳥取県から日本海に出て衰弱していった。

この台風により、宮崎地方気象台では、前述のように、最大瞬間風速 57.9ms^{-1} を記録し、従来の極値 46.8ms^{-1} を更新した。このほか、金沢地方気象台では、日最大風速および最大瞬間風速の両方とも従来の極値を更新していたことになっているが、庁舎の移転による統計の切断により、1991年10月23日以降の観測記録の極値なので記録的な強風とはいえない。したがって、従来の極値を更新したのは、実質的には、宮崎の最大瞬間風速だけであり、台風の中心気圧の低さのわりには風速の極値を更新した官署は少なかった。

台風13号は、沖縄本島付近に達するまで発達しつづき、その後、本土上陸直前までその勢力を維持した。この主因としては、東シナ海の海面水温が $28\sim 29^{\circ}\text{C}$ と高かったこと⁵⁾が挙げられるが、このような高い緯度に達するまで発達しつづけた台風はごくまれである。

Fig. 2 は、1951年から1992年までの42年間に発生した1140個の台風のうち、中心気圧の最低値が 925hPa 以下にまで発達した166個の台風について、気象庁の定義による台風に発達してから中心気圧が最低値に達するまでのコースを示したものである。台風13号は 20°N の以北で発生したが、過去に 20°N 以北で発生した台風が 925hPa 以下に発達したものはわずか数例あるだけである。このなかで、明確に転向してから発達したものはこの13号の1例だけである。

また、台風13号は 26°N に達してから中心気圧が 925hPa に下がったが、 925hPa 以下の強い台風に発達

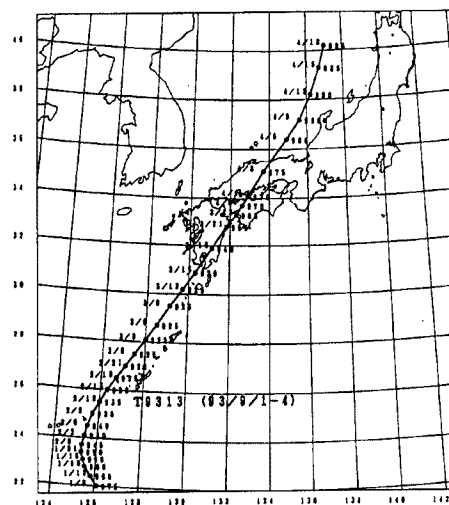


Fig. 1 The track of Typhoon 9313 determined by Japan Meteorological Agency. The numerics beside of the center position represent time (JST) and a central pressure (hPa).

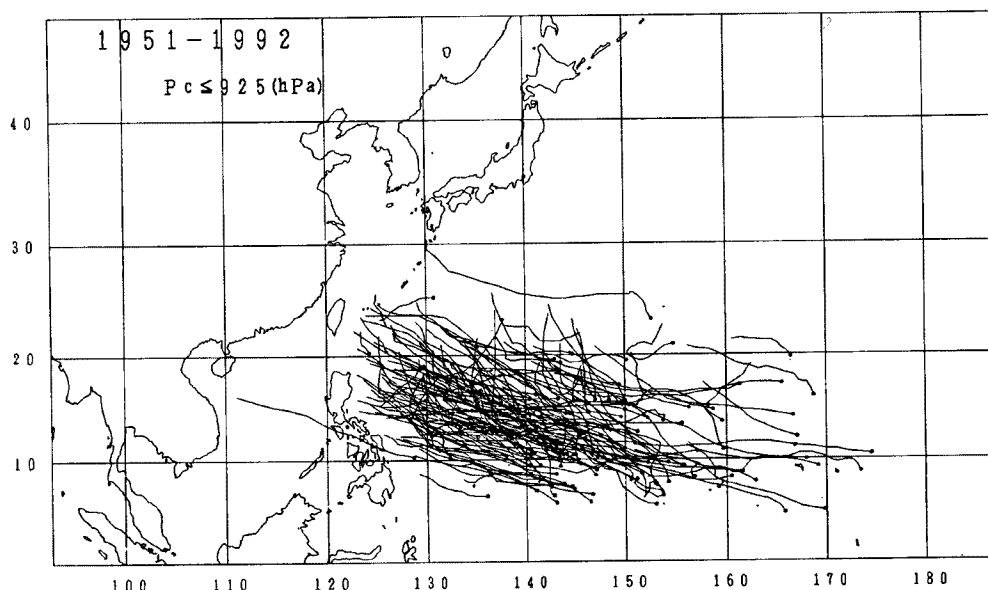


Fig. 2 Tracks of typhoons with the lowest central pressure $\leq 925\text{ hPa}$ for the period of 1951-1992. The track segments from genesis as a tropical storm to attaining to the lowest central pressure are shown.

したものの中で、25°N 付近あるいはそれより北で中心気圧が最低値に達した台風は 5507 号、7010 号、7123 号、9019 号の 4 例を数えるのみである。このうち、5507 号は東シナ海から黄海に達し、衰弱して本土に影響を与えなかったが、他の 3 個は本土に上陸し、大きい被害をもたらしている。すなわち、7010 号は転向せず北北西に進み、高知県に上陸し、気象要覧によると（以下の台風の被害についても同じ）、死者行方不明 27 名、住家の損害 48,652 棟の被害が出た。7123 号は九州のすぐ南の 30 度線を越えたところで中心気圧が 915hPa にまで下がり、九州に上陸、四国、近畿を通過し、東海地方の沿岸沿いに東北東に進み、死者行方不明 44 名、住家の損害 1,427 棟の被害を与えた。9019 号は、沖縄本島南東海上の 24.9°N、129.1°E で中心気圧が 890hPa にまで発達し、その後、北北東に進み、紀伊半島に上陸し、死者行方不明 40 名、住家の損害（全半壊・一部破損）16,541 棟の被害が発生した。

3. 気圧分布の解析

半径 200km 以内で気圧分布が同心円状であると仮定し、半径方向の気圧分布を Schloemer の気圧分布式⁶⁾で表して、気圧場の客観解析を行い、中心の位置、中心気圧、中心気圧低下量、最大旋衡風速半径を決定した。この客観解析においては、以前に試みた台風 9019 号^{7),8)}や 9119 号^{9),10)}の気圧場の解析の場合と同じく、各気象官署の海面気圧の時系列を時空間変換により空間分布に変換し、中心付近の観測資料の不足を補った。すなわち、気象庁管轄の気象台・測候所の現地気圧を自記紙から 10 分間おきに読みとり、海面更正を行って得られた海面気圧の時系列を、気圧分布の形が 30 分前から 30 分後まで定常であるという仮定のもとに空間分布に変換し、空間的な観測点の分布を増加させた。ただ、このさい、解析時刻に近い資料ほど重視する重みを付けて、気圧分布が定常であるとした仮定から生じる誤差を小さくするようにした。

Fig. 3 は上陸直後の 16 時 00 分の半径方向の気圧分布である。この図では、解析に使用した 15 時 30 分から 16 時 30 分までのデータをすべてプロットしてある。これを見ると明らかなように、海面気圧の観測値の半径方向の分布はばらつきが非常に少なく、Schloemer の気圧分布式でよく表現されている。

この気圧分布の特徴は、半径 200km 以内の気圧傾度が

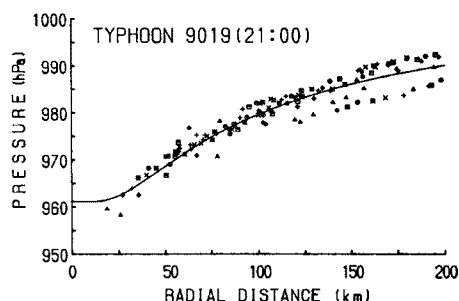


Fig. 4 Same as Fig.3, except for Typhoon 9019, at 21:00JST, Sept.18, 1990 (from Fujii and Liu⁷⁾)

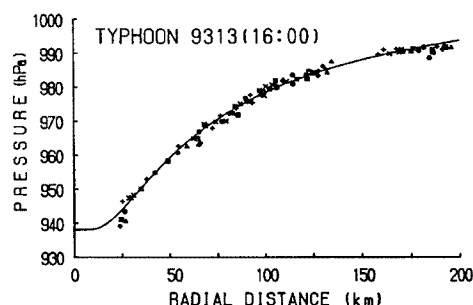


Fig. 3 The radial pressure distribution at 16:00JST, Sept.3. ○ denotes observed pressure at the analysis time t , □ that at $t - 10$ minutes, ◇ that at $t - 20$ minutes, △ that at $t - 30$ minutes, * that at $t + 10$ minutes, × that at $t + 20$ minutes, and + that at $t + 30$ minutes, respectively.

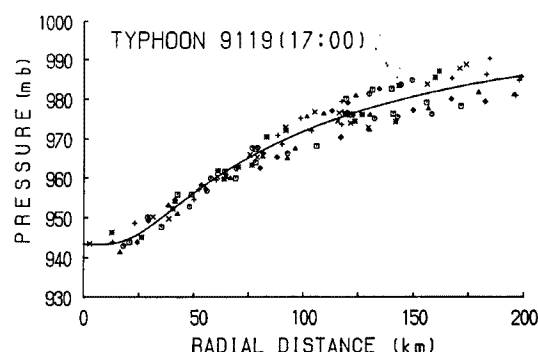


Fig. 5 Same as Fig.3, except for Typhoon 9119, at 17:00JST, Sept.27, 1991 (from Fujii, Hayashi and Mitsuta⁹⁾)

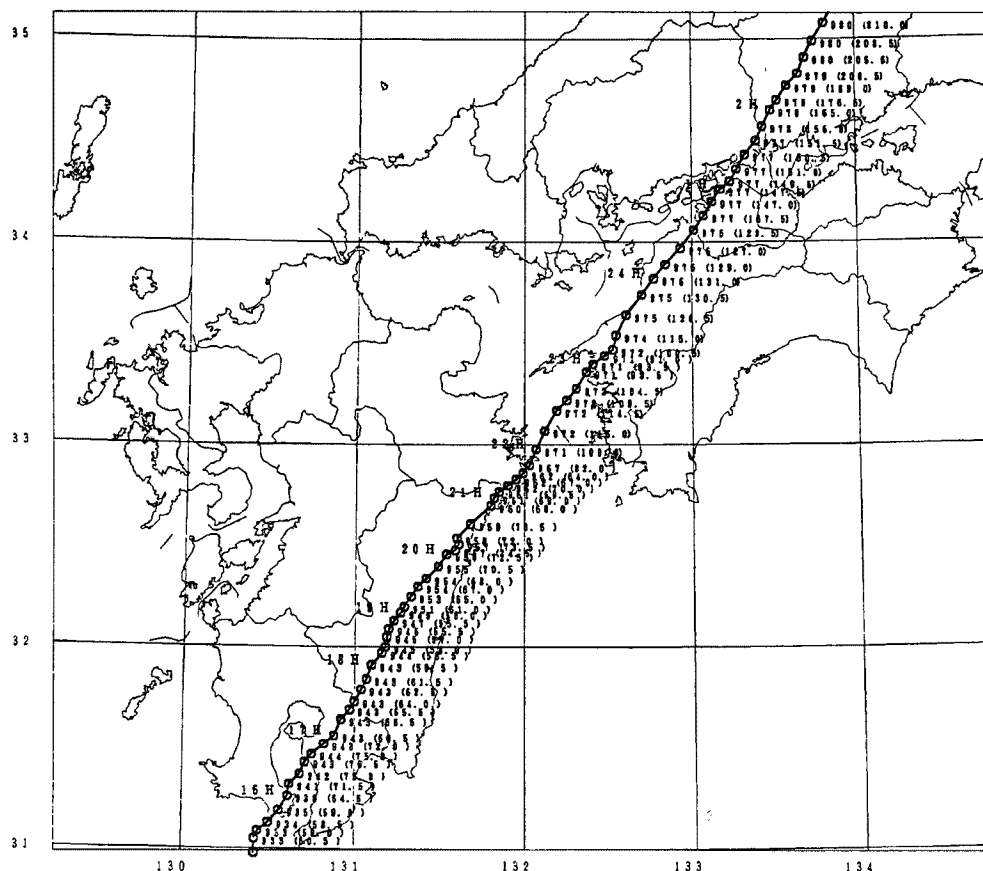


Fig. 6 The track of Typhoon 9313 determined by the objective pressure analysis. The center position is shown at 10 - minute intervals, and numerics show central pressure (hPa) and a radius (km) of the maximum cyclostrophic wind.

大きいことであり、半径 200km においては気圧が 995hPa にまで上昇している。これに対して、台風 9019 号および 9119 号の上陸時の気圧分布は、Fig. 4 および Fig. 5 に示したように、13 号の観測資料よりばらつきが大きい。また、半径 200km における気圧は 9019 号では 990hPa、9119 号では 987hPa であり、13 号よりも低い。

客観解析により得られた台風の中心のコースを Fig. 6 に、解析結果を Table 1 に示す。九州南部上陸直前からの解析において、解が収束するためには、40 ステップを繰り返す必要があった。

Table 1. A list of the parameters analyzed by the objective method for the pressure patterns of Typhoon 9313. The analysis was carried out in the two periods (1) from 17:00-20:00JST on Sept.2 traveling near the Okinawa Main Island and (2) for the period from 14:50JST on Sept.3 to 2:00JST on Sept.4, 1993. p_c , Δp , r_m , C and σ denote central pressure, central pressure depth, radius of the maximum cyclostrophic wind speed, translating speed and r.m.s. error of pressure analysis, respectively.

Date (JST)	Time (JST)	Lat. (°N)	Long. (°E)	p_c (hPa)	Δp (hPa)	r_m (km)	C (km/10min)	σ (hPa)
Sept.2	17:00	26.30	126.58	875.18	128.48	16.5	5.29	0.75
	17:10	26.33	126.59	881.51	122.74	18.0	3.54	0.72
	17:20	26.33	126.61	886.99	117.81	19.5	2.03	0.60
	17:30	26.39	126.64	894.07	111.84	22.0	7.44	0.49
	17:40	26.44	126.67	893.86	112.08	22.0	6.42	0.40

	17 : 50	26.46	126.67	893.97	111.88	22.0	2.26	0.33
	18 : 00	26.51	126.72	893.90	112.06	22.0	7.59	0.29
	18 : 10	26.53	126.73	892.57	113.18	21.5	2.48	0.27
	18 : 20	26.56	126.75	895.38	110.78	22.5	3.95	0.24
	18 : 30	26.59	126.78	897.97	108.72	23.5	4.55	0.21
	18 : 40	26.62	126.80	900.58	106.56	24.5	3.95	0.19
	18 : 50	26.65	126.83	901.73	105.65	25.0	4.55	0.17
	19 : 00	26.67	126.85	905.43	102.49	26.5	3.03	0.19
	19 : 10	26.70	126.87	912.75	96.22	30.0	3.94	0.17
	19 : 20	26.72	126.89	919.52	90.60	34.0	3.03	0.14
	19 : 30	26.75	126.91	926.17	85.35	39.0	3.95	0.09
	19 : 40	26.78	126.93	928.02	83.83	40.5	3.94	0.10
	19 : 50	26.80	126.96	925.59	85.80	38.5	3.77	0.11
	20 : 00	26.83	126.97	925.58	85.82	38.5	3.53	0.14
Sept. 3	14 : 50	30.87	130.34	930.92	84.04	57.5	6.23	0.93
	15 : 00	30.90	130.37	931.71	83.75	59.0	4.38	1.02
	15 : 10	30.98	130.42	932.43	83.58	60.5	10.05	1.10
	15 : 20	31.05	130.42	932.75	82.82	60.5	7.75	1.22
	15 : 30	31.09	130.44	932.96	81.33	59.0	4.82	1.32
	15 : 40	31.13	130.50	933.85	79.50	58.5	7.21	1.37
	15 : 50	31.19	130.56	935.16	77.81	59.0	8.74	1.41
	16 : 00	31.26	130.61	938.17	76.67	64.5	9.07	1.40
	16 : 10	31.32	130.62	940.96	76.57	71.5	6.70	1.29
	16 : 20	31.37	130.68	942.48	76.53	75.0	7.92	1.17
	16 : 30	31.43	130.71	943.35	76.21	76.5	7.21	1.15
	16 : 40	31.47	130.75	943.58	75.06	75.0	5.81	1.17
	16 : 50	31.52	130.82	943.30	73.91	72.0	8.60	1.16
	17 : 00	31.56	130.88	942.77	72.82	68.5	7.17	1.17
	17 : 10	31.64	130.92	942.52	72.31	66.5	9.61	1.05
	17 : 20	31.69	130.97	942.59	71.77	65.5	7.25	0.99
	17 : 30	31.73	131.00	942.56	71.10	64.0	5.24	1.06
	17 : 40	31.79	131.04	942.67	70.27	62.5	7.62	1.14
	17 : 50	31.84	131.07	943.18	69.10	61.5	6.19	1.26
	18 : 00	31.91	131.10	943.48	67.77	59.5	8.22	1.37
	18 : 10	31.97	131.16	943.81	66.99	58.5	8.68	1.43
	18 : 20	32.00	131.18	944.57	65.75	58.0	3.80	1.45
	18 : 30	32.05	131.19	945.17	64.45	57.0	5.59	1.45
	18 : 40	32.09	131.20	945.57	63.16	55.5	4.51	1.46
	18 : 50	32.13	131.23	946.70	61.37	55.5	5.23	1.40
	19 : 00	32.17	131.27	948.79	59.24	58.0	5.78	1.28
	19 : 10	32.20	131.29	950.91	57.17	61.0	3.79	1.19
	19 : 20	32.25	131.33	952.96	55.47	65.0	6.65	1.08
	19 : 30	32.30	131.37	953.95	54.68	67.0	6.65	1.01
	19 : 40	32.34	131.42	954.44	54.36	68.0	6.41	0.97
	19 : 50	32.40	131.49	955.07	54.44	70.5	9.28	0.99
	20 : 00	32.46	131.54	955.69	54.47	72.5	8.08	1.19
	20 : 10	32.48	131.59	956.50	54.05	74.5	5.14	1.41
	20 : 20	32.51	131.61	957.31	52.43	73.5	3.79	1.52
	20 : 30	32.54	131.60	958.35	50.10	72.0	3.43	1.58

	20:40	32.61	131.68	959.33	48.10	70.5	10.35	1.54
	20:50	32.70	131.80	959.98	46.25	68.0	15.21	1.44
	21:00	32.74	131.82	960.75	45.45	69.0	4.79	1.28
	21:10	32.77	131.85	961.41	44.65	69.5	4.32	1.23
	21:20	32.80	131.90	962.01	43.94	70.0	5.68	1.25
	21:30	32.83	131.95	961.99	43.11	67.0	5.68	1.31
	21:40	32.86	131.99	962.19	42.04	64.0	4.95	1.43
	21:50	32.90	132.03	966.92	39.26	82.0	5.74	1.57
	22:00	32.98	132.07	970.94	38.68	109.0	9.54	1.57
	22:10	33.07	132.12	971.98	38.21	116.0	10.91	1.56
	22:20	33.17	132.19	972.01	37.71	114.5	12.74	1.54
	22:30	33.22	132.25	971.77	36.84	109.5	7.78	1.49
	22:40	33.28	132.31	971.53	36.05	104.5	8.59	1.46
	22:50	33.36	132.37	971.17	35.23	98.5	10.36	1.41
	23:00	33.40	132.41	970.93	34.48	93.5	5.72	1.37
	23:10	33.44	132.48	970.97	33.79	91.0	7.77	1.41
	23:20	33.47	132.53	972.08	33.91	100.5	5.64	1.53
	23:30	33.54	132.55	973.53	34.39	115.0	7.90	1.58
	23:40	33.64	132.61	974.62	34.68	126.5	12.26	1.47
	23:50	33.74	132.70	975.23	34.24	130.5	13.69	1.31
Sept. 4	0:00	33.82	132.77	975.62	33.60	131.0	10.84	1.18
	0:10	33.89	132.84	975.87	32.74	129.0	9.97	1.10
	0:20	33.97	132.93	976.14	31.85	127.0	11.98	1.06
	0:30	34.06	133.01	976.47	31.81	129.5	12.24	1.04
	0:40	34.13	133.07	976.92	32.66	137.5	9.39	0.99
	0:50	34.20	133.12	977.32	33.88	147.0	8.90	0.93
	1:00	34.26	133.17	977.28	34.10	147.5	7.98	0.88
	1:10	34.30	133.23	977.30	34.47	149.5	6.97	0.85
	1:20	34.36	133.27	977.35	34.57	151.0	7.49	0.81
	1:30	34.43	133.32	977.36	34.26	150.5	8.89	0.76
	1:40	34.50	133.39	977.47	33.96	151.5	9.92	0.77
	1:50	34.57	133.43	977.68	34.20	156.0	8.46	0.78
	2:00	34.65	133.48	978.06	34.95	165.0	9.83	0.82

Fig. 6 には、中心の位置、中心気圧、最大旋衡風速半径を 10 分間おきに示してある。台風は 15 時 40 分と 50 分の間に、薩摩半島の南東部先端付近に上陸して、上陸時の 15 時 40 分の中心気圧は 934hPa、中心気圧低下量は 80hPa で、最大旋衡風速半径は 58.5km である。上陸後 6 時間かかって九州南東部を通過し、豊後水道に出ている。このうち 18 時 40 分までの鹿児島県から宮崎県南部を通過している 3 時間の中心気圧低下量の減少は 16hPa である。宮崎県を縦断したその後の 3 時間には、中心気圧低下量は 11hPa 程度減少している。さらに、台風の中心が豊後水道を通過している 22 時から 23 時にかけては中心気圧低下量は 39hPa から 34hPa へと 5hPa 減少している。23 時以降は愛媛県西部、松山市付近を通過、今治市付近から瀬戸内海に出て、翌日の 4 日 1 時 30 分ころ広島県東部の福山市付近に再上陸している。この間の 3 時間 30 分ほどの間の中心気圧低下量の減少は 2 ~ 3hPa 程度にすぎないが、最大旋衡風速半径は 100km 程度から 150km 程度へと次第に大きくなっている。

4. 沖縄付近の気圧分布

沖縄本島付近通過時においても、本土上陸後と同じ方法で気圧場の客観解析を試み、その結果を **Table 1** に示してある。なお、このさい、観測点の間隔が広いために、解析範囲を 500km に広げた。解析により得られた気圧分布のうち、台風の中心が久米島に最も接近した 2 日 17 時 30 分の気圧分布を **Fig. 7** に示す。一方、**Fig. 8** に示したのは沖縄本島西方の久米島付近通過時の 2 日 17 時 30 分のレーダー画像であり、eye wall の対流活動が活発な領域は半径 20km あたりにあり、気圧場から求めた最大旋衡風速半径 (22.0km) とほぼ一致している。ただ、解析による中心気圧は 894hPa であり、気象庁の推定値 925hPa に比べて 30hPa 程度低い。この点については、今後検討する必要があるが、気象庁の天気図解析は前後の関係に左右されるところが大きく、これについては問題であることが多い。

中心が近くを通過した久米島では、風速計が故障したために、最接近の 30 分前の 17 時 00 分までしか観測されていないが、観測された風速の最大値はこの時刻の 36.5ms^{-1} であった¹⁾。

レーダー画像上の eye wall 付近のエコー強度の強い領域を追跡すると、3 日 2 時 7 分の徳之島西方海上に達したところには、その中心からの半径は 30km 程度に広がっている。さらに、3 日 10 時 37 分に 30°N 近くまで達したところには、それは 35km と広がっている。

5. 最大風速半径と減衰率の関係

台風の減衰については、Matano¹¹⁾が次のような理論を提案している。

半径方向の風速分布として、最大風速半径の内側の内核は剛体的回転をし、その外側では角運動量が保存されるいわゆる Rankine 渦を考える。台風発達による加速がないとき、内核の剛体回転が外側の空気を引っ張って回転し、最大風速半径における水平混合により、内核の回転エネルギーが失われ、tangential wind は弱まる。気圧分布と風速分布の間で旋衡風バランスの仮定を用いると、中心気圧低下量 (周辺気圧－中心気圧) Δp は、時間 t とともに指数的に減少していくことが理論的に導かれ、

$$\Delta p = \Delta p_0 e^{-kt}$$

と表すことができる。この場合に、Matano は、地表面摩擦による台風の減衰よりも、側面混合による摩擦で減衰する方が大きいと考えている。なお、上式の Δp_0 は $t = 0$ における Δp である。また、 k は Δp が時間的に減少する割合、すなわち台風の減衰率を表し、これは最大風速半径 r_m と水平方向の混合係数 ν の関数であり、

$$k = 16\nu / r_m^2$$

と表される。Matano は、室戸台風の場合の $r_m = 50\text{km}$ 、 $k = 0.3\text{h}^{-1}$ から ν の値を求めて、 $1.3 \times 10^4 \text{m}^2 \text{s}^{-1}$ という値を得ている。この式からも明らかなように、台風の中心気圧低下量の減衰率は r_m の 2 乗

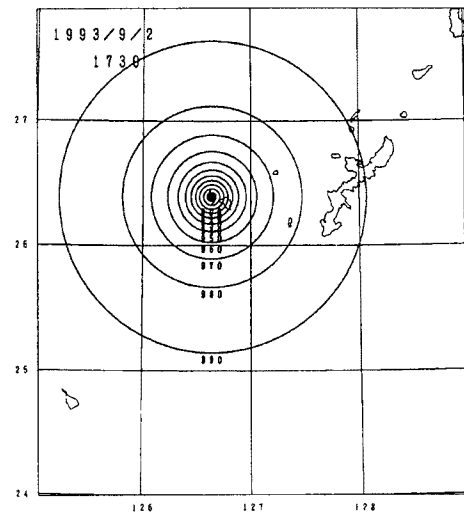


Fig. 7 The pressure distribution of Typhoon 9313 at 17:30JST, Sept. 2

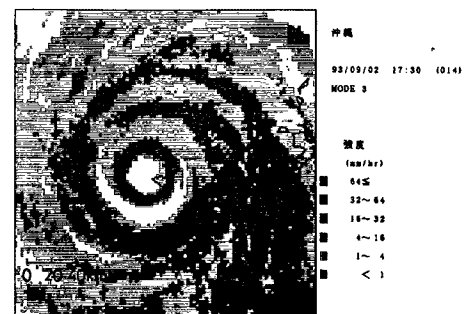


Fig. 8 Radar image at 17:30JST, Sept. 2, 1993. Data for this image was provided by Okinawa Meteorological Observatory. (White area is cloud free.)

に反比例することになり、 r_m の小さい台風では減衰が非常に早くなる。したがって、海面水温が下がるなど台風発達条件がなくなると、中心気圧は急に埋まっていく。

また、著者たち¹²⁾は、1951 年以降日本本土に上陸した台風について気圧場の解析を行ったが、Fujii¹³⁾はそううちで上陸後 15 時間以上にわたって解析が続行できた 7 個の台風について r_m と k との関係について調べ、Matano とほぼ近い r の値 $1.1 \times 10^4 \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ を得ている。

台風 13 号の場合、Fig. 9 に示すように、最盛時の 2 日 17 時 00 分から Δp が減少していくとともに、 r_m は増大していった。久米島最接近のころからの 2 時間（2 日 17 時 30 分～19 時 30 分）における Δp の変化から k の値を求めると、 0.14 hr^{-1} となる。一方、九州南部上陸時の 3 日 15 時 40 分から 18 時 40 分までの 3 時間の Δp の変化から k の値を求めると、 0.07 hr^{-1} となり、久米島付近通過時の値の 1/2 となり、台風の減衰が遅くなっている。

これは、久米島通過時ころの r_m の値が 22km であるのに対して、九州上陸後の r_m の値が 59km と大きくなっていて、上式で表された k と r_m の関係と傾向が一致している。ただ、久米島から遠ざかると、中心付近に観測点がなくなって、気圧場の解析精度が低くなるので、この点についてはさらに検討が必要である。

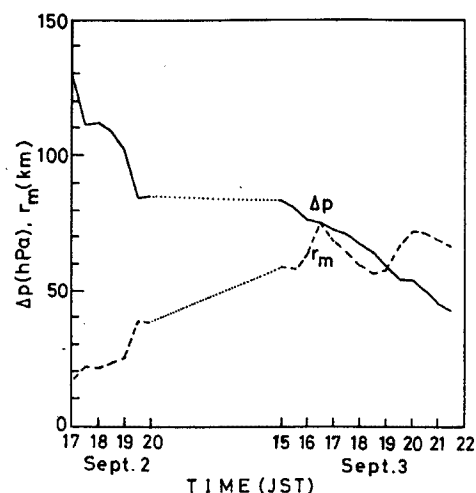


Fig. 9 The time change of Δp and r_m . The dotted line indicates the period with no analysis.

6. 傾度風速の分布

Schloemer の式で表した気圧分布が移動するとき、その気圧場とバランスする傾度風速を、台風 9019 号や 9119 号などの解析で用いた方法^{7), 9)}により求めてみた。すなわち、傾度風方程式において、流跡線の曲率半径を Blaton の式¹⁴⁾により等圧線の曲率半径で置き換えることによって、気圧場の移動を考慮に入れた傾度風速を求めるのである。

Fig. 10(a) は上陸直後の 16 時 00 分の傾度風速の分布を表したものである。半径 $r = 60 \text{ km}$ で最大傾度風

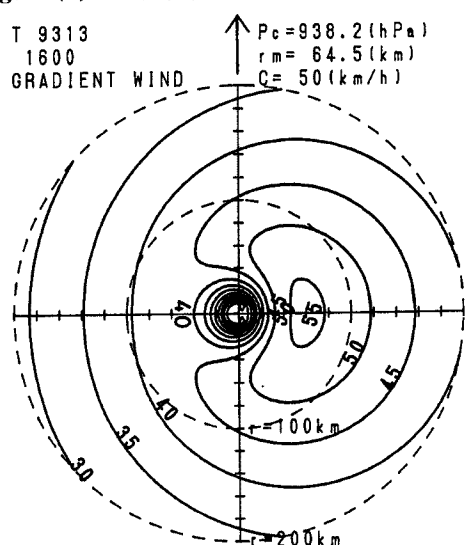


Fig. 10 (a) The distribution of the gradient wind speed at 16:00JST, Sept.3

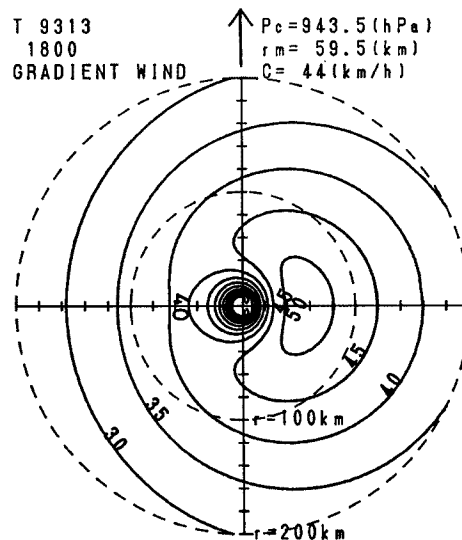


Fig. 10 (b) Same as Fig. 8 (a), except for 18:00JST

速が 56ms^{-1} に達している。これを Fig. 11 に示した台風 9119 号の上陸 1 時間後の 17 時 00 分の風速分布⁹⁾と比べてみると、台風 13 号のほうが気圧傾度は大きい、進行速度が小さかったために、進行方向の右側の傾度風速 50ms^{-1} 以上の強風域の広がりは台風 9119 号とほとんど変わらない。

Fig. 10(b) に示した 2 時間後の 18 時 00 分では、最大傾度風速は 52ms^{-1} に弱まっているだけである。これは、中心気圧低下量が減少しても最大風速半径が大きくなっているためである。風が最も強い場所は、コースの東側数十 km あたりにあり、地表風速の強い場所がこれより内側にあるとしても、強風域はほとんど海上を通過している。これは、台風 9119 号に比べて、風速の極値を更新した官署が少なく、台風の強風による被害ははるかに少なかった理由の一つである。もし、中心のコースが西に数十 km ずれて上陸していれば、強風による被害がもっと大きくなったものと思われる。

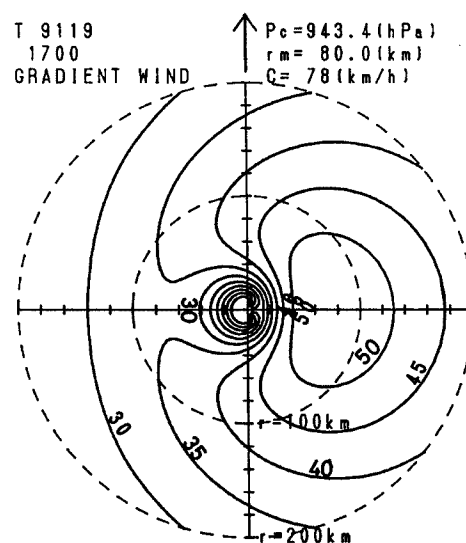


Fig. 11 The distribution of the gradient wind speed in Typhoon 9119, at 17:00JST, Sept.27, 1991

7. 傾度風速と実測地表風速の比の値

大気境界層内では、地表面の摩擦の影響のため気流は等圧線を横切り、inflow が生じて、最大風速半径あたりで radial inflow が最大となる。この inflow によって、地表面付近では大きな角運動量が内側に輸送される。このために、最大風速半径の内側では傾度風速に対する地表風速の比の値が大きくなり、傾度風速を上回る強い風、すなわち supergradient wind となることがある。したがって、地表風速は最大旋衡風速半径よりもずっと小さい半径で最大となる。このことは、Gray and Shea¹⁵⁾により、900hPa 面におけるハリケーン内の飛行機観測から知られている。また、南西諸島を襲った台風 7705 号や 7709 号の地表風速の実測値からも確かめられている^{16), 17)}。ここでは、台風 13 号のこの特性について調べてみた。

客観解析による気圧場から算出した傾度風速 V_{gr} に対する各気象官署で観測された地表風速 V_s の比の値 V_s/V_{gr} について、最大旋衡風速半径 r_m で基準化した相対的距離 $x (= r/r_m, r$ は中心からの距離) に伴う変化を Figs. 12(a)~(b) に示す。Fig. 12(a) は風速計高度 (地上高) が 20.0m 未満の気象官署について、Fig. 12(b) は風速計高度が 20.0m 以上の官署について示したものである。対象とした時間帯は、上陸 30 分前の 15 時 10 分から、 Δp が 60hPa 以上の勢力を維持していた 18 時 50 分まで (Table 1 参照) であり、傾度風速が 15ms^{-1} 以上の場合についてのみプロットしてある。

地点ごとの風速比の半径方向の変化を見ると、 $x > 1.0$ では 2, 3 の地点を除いて 0.6 以下であるが、台風の中心に近づくにつれて大きくなっている。とくに、都城 (Fig. 12(a) の地点番号 829) では、17 時 00 分から 17 時 10 分にかけて、中心が接近するにつれて、 x の値が 0.39 から 0.27 に変化したとき、傾度風速は 39.0ms^{-1} から 29.8ms^{-1} に減少したにもかかわらず、地表風速は 15.5ms^{-1} から 18.0ms^{-1} に増大し、風速比は 0.40 から 0.60 に増大している。このさい、風向は、 100° から 130° へと 30° 変化しているが、この方向の風上側の地形はそれほど大きい変化はなく、地形が風速に与える影響はあまり差がないと考えられるので、風速比の増大は地形の差によるものではなく、台風の中心付近の風速分布の特性によるものであると考えられる。さらに、17 時 20 分には、傾度風速が 16.9ms^{-1} と弱くなっているのに対して、地表風速は 18.1ms^{-1} (風向 140°) と 10 分間前とほとんど変わらず、傾度風速の値を超え、supergradient な風となっている。この時刻の地表風速と傾度風速の分布は Fig. 13 のようになる。半径 40km あたりに比べて、

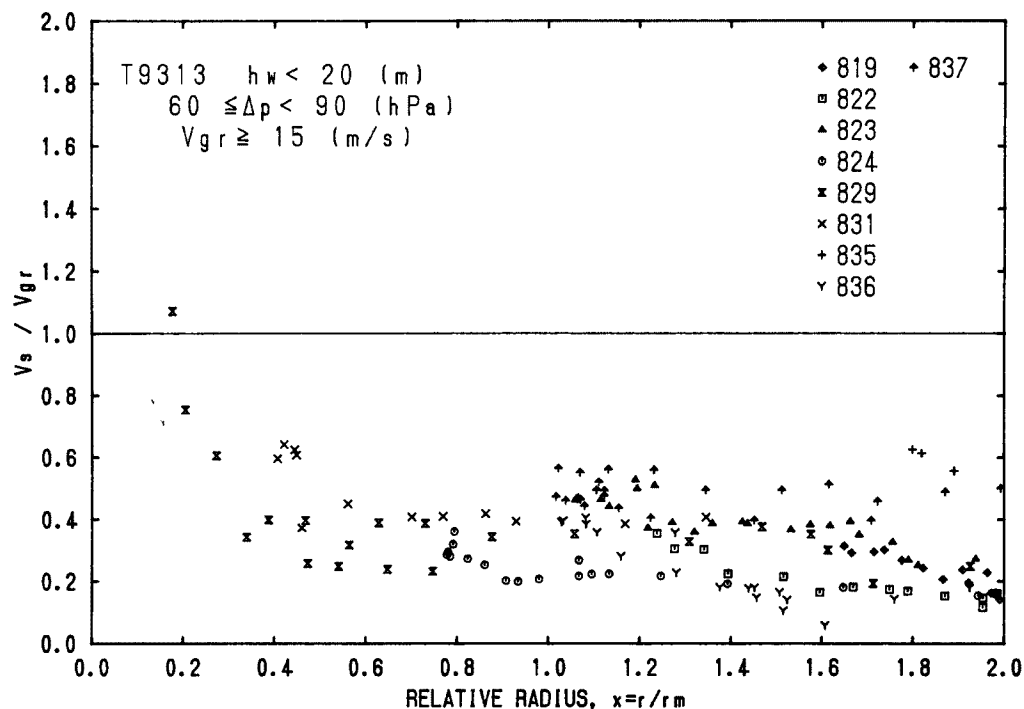


Fig. 12(a) The radial distribution of ratio of the observed surface wind speed to the gradient wind speed, V_s/V_{gr} , at stations with the anemometer height, h_w , lower than 20m. The abscissa is taken as the relative radial distance to be a ratio of radial distance to the radius of the maximum cyclostrophic wind. The numerics denote the weather station numbers of Japan Meteorological Agency.

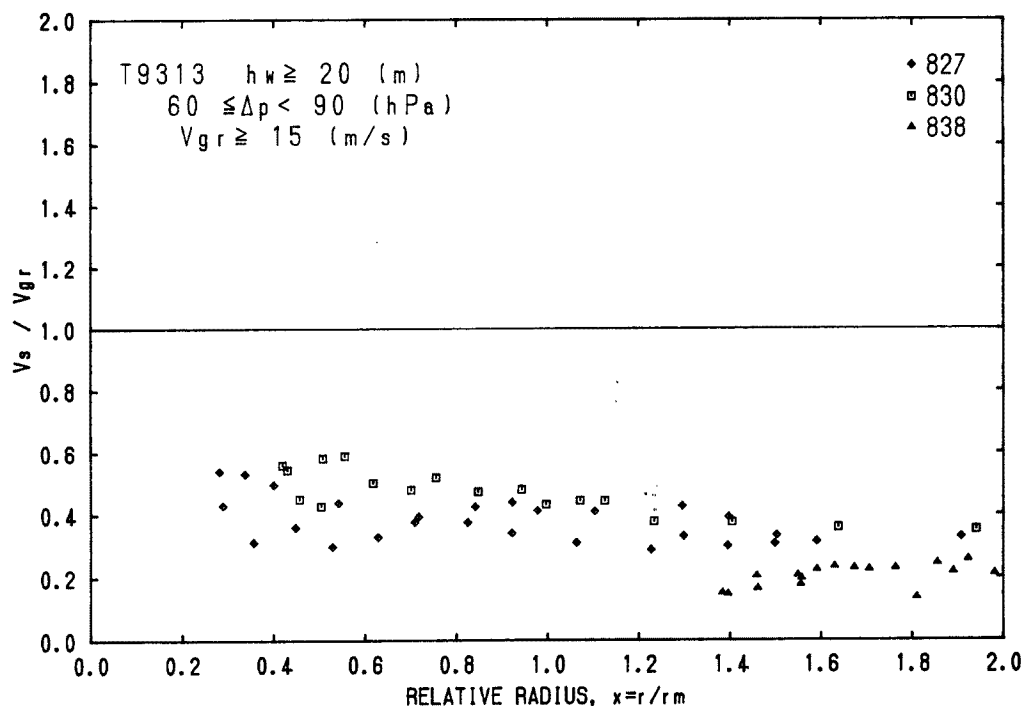


Fig. 12(b) Same as Fig.12(a), except for stations with the value of $h_w \geq 20$ m.

20km あたりでは、傾度風速は 1/2 くらいにまで弱まっているが、地表風速はほとんど弱まっていない。

また、枕崎 (Fig. 12(a) の地点番号 831) では、15 時 10 分から 20 分にかけて、 $x = 0.56$ から 0.44 に近づいたとき、風向は 20° から 10° へと少しは変化しているが、風速比は 0.45 から 0.62 に増加している。

これらの結果は、南西諸島を襲った台風 7705 号や 7709 号と同じく、日本本土を襲う強い台風でも最大風速半径の内側では風速比が大きくなり、地表風速が傾度風速を上回ることがあることを示している。

このような最大風速半径の内側での風速比の増大は強い台風が顕著であると考えられる¹⁸⁾ので、これを中心気圧低下量など台風の強さで分けて調べてみる必要がある。これについては、今後検討することにする。

なお、図においては、風速比と中心からの距離との間の関係を風速計高度 20.0m で分けて示したが、今回の調査では、風速計高度による差ははっきり見られなかった。これは、Fig. 12(b) に示した官署の風速計高度が最も高いところで鹿児島 (地点番号 827) の 22.0m であり、とくに高い場所が含まれていないことによるものと考えられる。

8. おわりに

台風 13 号は、宮古島南方で転向し、その後も発達した珍しい台風であり、沖縄本島西方海上通過時には中心気圧は気象庁により 925hPa、この解析によると 895hPa まで下がり、気象庁は戦後最大級の台風であると警戒し続けた。このころの気圧場の客観解析によると最大旋衡風速半径は 22km であり、レーダー画像から推定できる eye wall 付近のエコー強度の大きい領域の半径 20~25km とほぼ一致した。九州に近づくにつれて、eye wall 付近のエコー強度の大きい領域の半径が徐々に大きくなっていったが、中心気圧低下量は上陸直前まで 80hPa を超える勢力を維持していた。

中心の上陸後、中心の経路より東側の強風域の大部分は九州南東岸沖合いの海上を進み、四国に達したところには勢力が幾分弱まったために、陸上では 9119 号ほど強い風が吹かなかった。もし、台風のコースが西に数十 km ずれていたなら、陸上で 9119 号に匹敵する強い風が吹き、被害はさらに拡大したと思われる。

また、同じ地点の傾度風速に対する地表風速の比の値は、中心に近づくにつれて大きくなる傾向があり、地表風速が傾度風速を上回る地点もあった。したがって、レーダー画像上では eye wall の内側に入っている場所でも風があまり弱まらないこともあり、これも防災上注意しなければならない。傾度風速と地表風速の比の値の半径方向の分布のモデルについては、以前に著者¹⁹⁾が提案したが、台風 9019 号、台風 9119 号および今回の台風 13 号の解析結果により再検討を行う予定である。

最後に、台風の気圧分布と風速分布の解析には、気象庁管轄の気象台・測候所から提供していただいた地上気象観測資料および気象レーダー資料を使用した。また、過去の台風のコースの再現には、気象庁太平洋台風センターから提供していただいた台風ベストトラックデータを使用した。これらの機関に厚く感謝の意を表します。

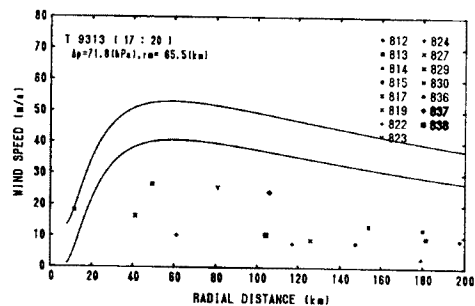


Fig. 13 The radial distributions of the observed surface wind speed and the gradient wind speed at 17:20JST, Sept.3. The gradient wind speed is shown with the distribution at the right (upper) and the left (lower) directions perpendicular to translation of the typhoon center.

参考文献

- 1) 気象庁予報部：災害時気象速報，平成 5 年台風第 13 号及びこれから変わった低気圧による 9 月 1 日

- から 5 日にかけての大雨と暴風. 災害時自然現象報告書 1993 年第 3 号, 1993, 49pp.
- 2) 中央气象台: 枕崎・阿久根台風調査報告. 中央气象台彙報, 第 33 冊, 1949, 397pp.
 - 3) 気象庁: 伊勢湾台風調査報告. 気象庁技術報告, 第 7 号, 気象庁, 1961, 899pp.
 - 4) 気象庁: 第二室戸台風調査報告. 気象庁技術報告, 第 54 号, 気象庁, 1967, 220pp.
 - 5) 桜田正美: 1993 年 9 月の“ひまわり画像”一戦後最大級の台風 9313 号—. 気象, 37 巻 11 号, 1993, p.12888.
 - 6) Schloemer, R.W.: Analysis and synthesis of hurricane wind patterns over Lake Okeechobee, Florida. Hydrometeorological Report, USWB, No.31, 1954, 49pp.
 - 7) 藤井 健・劉 迎: 台風 9019 号の地表風と地形との間の統計的関係について. 京都産業大学論集, 第 22 巻第 1 号, 自然科学系列 I, 第 21 巻, 1992, pp.124-148.
 - 8) 劉 迎・藤井 健・光田 寧: 台風 9019 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.
 - 9) 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.
 - 10) 光田 寧・藤井 健: 1991 年台風 19 号による風と被害について. 京都大学防災研究所年報, 第 36 号 B-1, 1993, pp.1-16.
 - 11) Matano, H.: On the role of the lateral mixing in the cyclostrophic flow pattern in the atmosphere. J. Meteor. Soc. Japan, Vol.34, No.3, 1956, pp.125-136.
 - 12) Mitsuta, Y. and T. Fujii: Analysis of typhoon pressure patterns over Japanese Islands (II). Natural Disaster Science, Vol.8, 1986, pp.19-28.
 - 13) Fujii, T.: An analysis of typhoon filling after landfall on the Japanese Islands. Acta Humanistica et Scientifica Universitatis Sangio Kyotiensis, Vol.17, No.1, 1987, pp.62-84.
 - 14) Holmboe, J., G. E. Forsythe and W. Gustin: Dynamic meteorology. John Wiley and Sons, Inc., 1945, pp.207-209.
 - 15) Gray, W. M., and D. J. Shea: The hurricane's inner core region, II. Dynamic and thermodynamic characteristics. J. Atmos. Sci., Vol.30, 1973, pp.1565-1576.
 - 16) 光田 寧・文字信貴・塚本 修・浅井東洋: 八重山諸島を襲った台風 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.
 - 17) 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.
 - 18) Mitsuta, Y. and T. Fujii: Analysis and synthesis of typhoon wind pattern over Japan. Bull. Disas. Prev. Res. Inst., Kyoto Univ., Vol.37, 1987, pp.169-185.
 - 19) 藤井 健・光田 寧: 台風の確率モデルによる強風のシミュレーション. 日本風工学会誌, 第 28 号, 1986, pp.1-12.