

潮岬において観測された台風眼通過時の 風の特性について

光 田 寧・森 征 洋

CHARACTERISTICS OF WINDS NEAR AND IN THE CENTER OF THE TYPHOON EYE AS OBSERVED AT SHIONOMISAKI

By Yasushi MITSUTA and Yukihiko MORI

Synopsis

Characteristics of wind speed fluctuation of Typhoon 7220 were analyzed using the wind speed records at Shionomisaki where the typhoon eye passed. Characteristics of wind turbulence at high wind speed before and after the pass of the typhoon eye resemble each other and spectral peak is found at about 300 m in the wave length. Near the center of the typhoon eye, wind speed is as low as 10 m/s. However the intensity of turbulence and spectral peak wave length are almost the same as those in the high wind cases.

1. は じ め に

台風 7220 は 1972 年 9 月 16 日夕方、和歌山県串本町潮岬西方に上陸し、紀伊半島を通り抜けた。この時、潮岬においては、はっきりした台風眼通過現象が見られた。この際、京大防災研究所潮岬風力実験所で台風眼通過時前後の風速の早送り記録を得ることができたので、これを解析し、台風中心附近の風の特性を調べてみた。この解析においては台風の eye wall の近くの最大風速域の通過前後の強風の性質と共に従来調べられたことのない台風眼内の風の性質についても調べることができた。

2. 台風通過時の気象要素の時間変化

この台風は Fig. 1 に示すような移動経路をとり、9 月 16 日 18 時 30 分頃南南西方向から 65 km/h 位の早さで潮岬の西方に上陸した。その時の中心気圧は約 960 mb であり、その後 55 km/h 位の早さで少しずつ減衰しながら北北東に進み、奈良県南部から三重県を通り、17 日朝 3 時頃には富山湾に抜けた。

この時、潮岬測候所では最大風速 30.8 m/s (16 日 20 時 50 分, W)、また最大瞬間風速 48.8 m/s (16 日 17 時 34 分, ESE) を観測した。この最大瞬間風速は潮岬測候所における最大記録 (1941 年～1971 年) となった。この台風に伴う強風により和歌山県下各地で全壊を含む建物被害が生じている。

この台風的眼は潮岬付近を通過したが、この時潮岬風力実験所のエアロベーン式風速計によって得られた風速・風向の時間変化、および潮岬測候所における気圧・温度の時間変化を Fig. 2 に示す。風速は眼の中心部ではその前後の強風に比べて著しく小さくなっており、台風眼の通過した場合の典型的な形を示している。台風の移動速度を 60 km/h とすると、最大風速域の半径は約 80 km となる。最大風速域の内側での風速変化は急激で 1 時間で 20 m/s 位の変化がみられる。風向の時間変化を見ると 18 時から 19 時にかけて ENE→S→WNW と時計廻りに変化しており、台風を中心は潮岬の西側すぐ近くを通過したことを示している。気圧は 16 日 18 時 40 分に最低気圧 956.9 mb を示したが、これは天気図解析による台風中心気圧約 960 mb

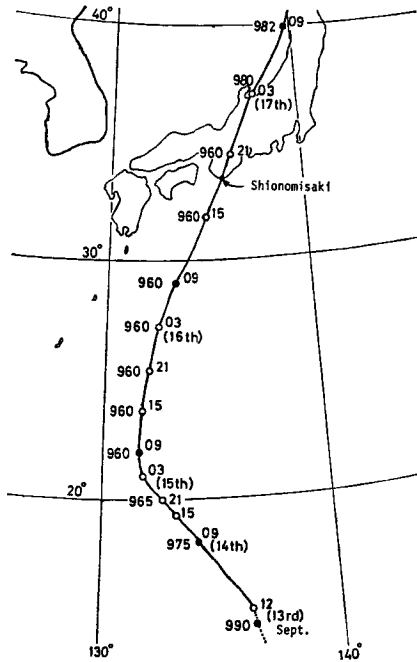


Fig. 1 The track of Typhoon 7220, Sept. 13-17, 1972.

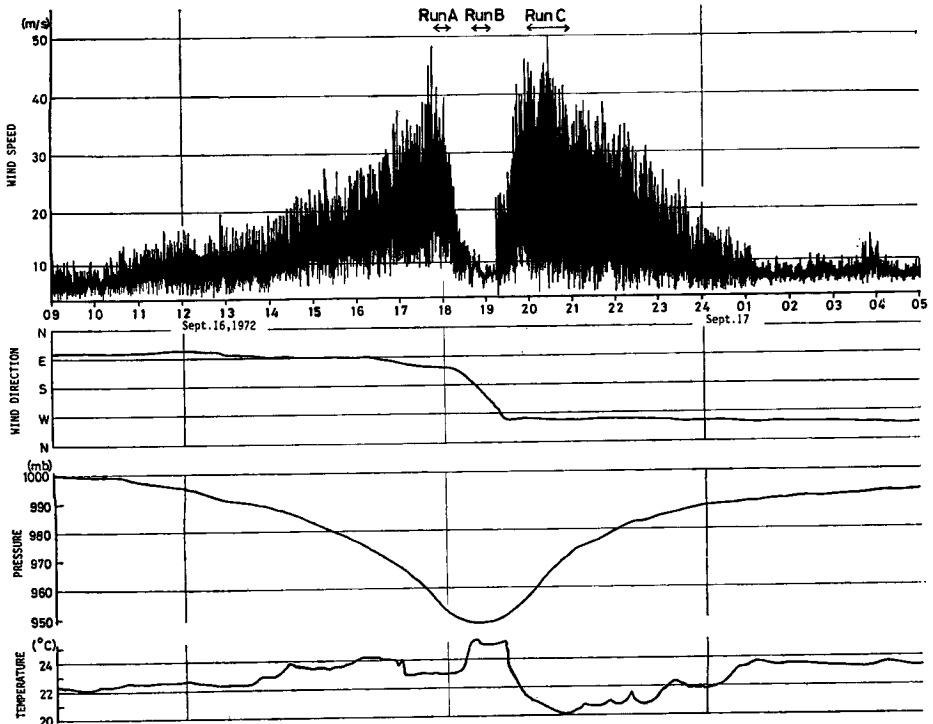


Fig. 2 Time change of wind speed, smoothed wind direction, atmospheric pressure and air temperature at Shionomisaki during the passage of Typhoon 7220.

と大差なくむしろ低い目である。このことから台風中心は潮岬のすぐ近くを通過したことを示している。風速の最小値は最低気圧を生じた時刻より約20分遅れて生じており、台風はすでに少し減衰が始まっていることを示している。

台風眼の中心付近では気温の急上昇が見られた。眼に入る時には30分間で 2°C の上昇、眼から出る場合には1時間で 5°C の下降が観測された。台風眼の通過した時刻は日没後の18時30分頃であり、眼の中で晴れたことによって生ずる日射の影響は考えられず、又地形性の下降気流の生ずる所ではないので、この気温の急上昇が台風眼の中の下降気流によるものと考えられる。この領域の半径は約30km、すなわち台風の中心より最大風速域の半径の約半分以内の範囲が下降気流の領域であったことになる。この範囲内で風速は前後の強風に比べて極端に小さく10m/s以下であった。

3. 台風中心附近の風速変動

解析に用いた風速の早送り記録は潮岬風力実験所の地上高19mのwind towerに取り付けられたエアロベーン式風速計によって得られたものである。同時にこの信号から光田他¹⁾によって開発されたアナログデータ処理装置を使用して求めた風速と乱れの強さの1分間平均値および前10分間平均風速の時間変化をFig. 3に示す。台風眼通過時前後の強風時には1分間平均風速の変動も大きく、10分周期ぐらいの変動も見られるようである。10分間平均風速は1分間平均風速と比べてかなり変動は少くなっている。台風眼の中では1分間平均風速はその前後の強風時に見られるような変動は見られず、その変化は比較的なめらかである。1分間平均の乱れの強さは台風眼内では0.6~1.0で眼の外での値1.0~2.0よりもいくぶん小さくなっており、眼の中では短周期の風の乱れも少なくなっていることを示している。

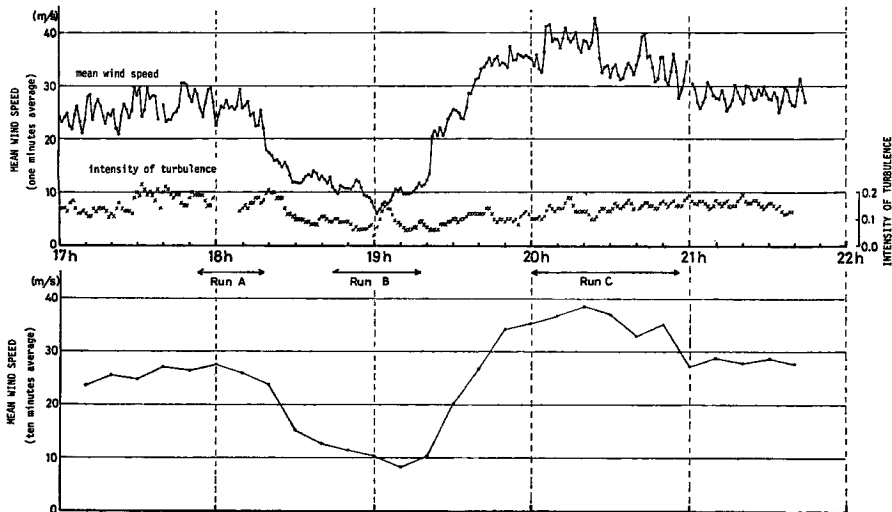


Fig. 3 Time change of 1 minute averaged wind speed and intensity of turbulence, with 10 minutes averaged wind speed.

この短周期の風の乱れの性質を調べるため、早送り記録のうち、台風眼に入る前の強風時24分間 (Run A)、眼の中の34分間 (Run B)、および眼から出た後の強風時56分間 (Run C)を選んでスペクトル解析を行って見た。これらの時間の範囲はFig. 2およびFig. 3にも示してある。これらのrunの早送り記録による短周期の風速変動の1例をFig. 4に示す。台風眼の中 (Run B)ではその前後の強風時 (Run A, Run C)と比べて変動の様子が異なり、高周波数成分が少く平穏に見える。

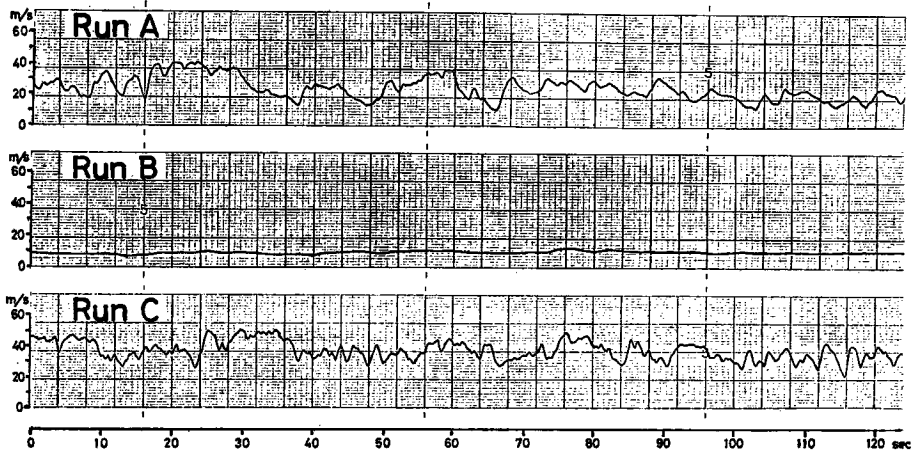


Fig. 4 An example of the trace of short period wind speed fluctuation.

各々の時間の風速変動の記録を 0.77 秒毎に読み取り、Tukey の方法によってスペクトル解析を行った結果を Fig. 5 に示す。各 run の観測時間を通じての平均風速および乱れの強さ等について Table 1 にまとめてある。台風眼の中では眼の前後の強風時に比べてスペクトル密度が極端に小さくなっていることがわかる。眼の前後の強風のスペクトル密度は 0.1cps より低周波数域ではほぼ同じ程度であるが、高周波数側で少しその形が異っている。

Table 1 Characteristics of wind for each run (The height of observation is 19 m from the ground.)

		Run A	Run B	Run C
SAMPLING TIME		24 minutes	34 minutes	56 minutes
WIND SPEED	MEAN	25.7 m/s	9.5 m/s	35.3 m/s
	STANDARD DEVIATION	6.3 m/s	2.0 m/s	7.3 m/s
	PEAK GUST	44.2 m/s	16.7 m/s	54.5 m/s
INTENSITY OF TURBULENCE		0.25	0.21	0.21
ENERGY PEAK WAVE LENGTH		360 m	380 m	240 m

強風時に相当する Run A, Run C の normalize した対数スペクトルをそれぞれ Fig. 6, Fig. 7 に示す。眼に入る前の強風時 (Run A) の対数スペクトルのピークは約 0.07 cps (14 秒周期) の所に見られ、相当する波長は約 360m である。眼から出た後の強風時 (Run C) の対数スペクトルのピークは約 0.15 cps (7 秒周期) の所に見られ、相当する波長は約 240m である。Davenport³⁾ によれば強風時の対数スペクトルのピークの波長は 700m であるとされているが、ここでは風の比較的弱い場合に同じ潮岬で以前に観測された波長^{3) 4)} 約 200m という値にほぼ近い値を示している。

台風眼の中に入った時間 (RunB) の normalize した対数スペクトルを Fig. 8 に示す。乱れの強さは 0.12 で強風時の Run A, Run C と比べてそれほど変わらないが、スペクトルピークはずっと低波数側にあり、0.025cps (40 秒周期) 付近に見られる。しかし対応する波長に換算すると 380m になり強風の場合とそれほど異なる結果になる。

無次元化した周波数 $f = nz/\bar{u}$ に対するスペクトルを Fig. 9 に示す。そうすると強風時の2つの場合 Run A, Run C と台風の眼の中の風の弱い部分 (Run B) でのスペクトルは比較的よく一致した形を示し, $f=0.1$ 以上の範囲では $-5/3$ 乗に比例してスペクトル密度は減少する形となる。このことは台風の周辺の最大風速域においても台風の眼の中においても normalize されたスペクトルの形はほぼ同じであり, しかも台風以外の風の場合に観測された結果とも一致することを示している。

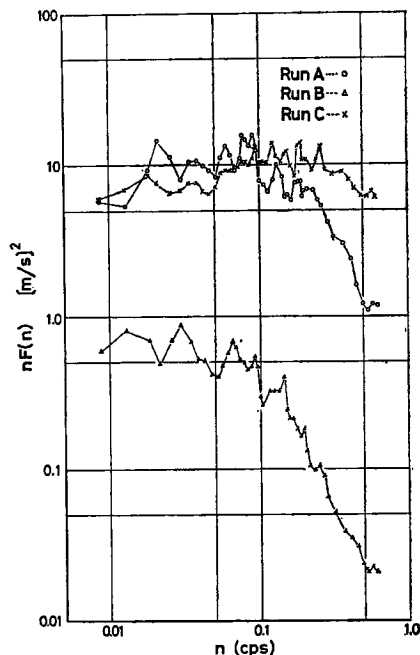


Fig. 5 The results of spectral analyses of wind speed fluctuations.

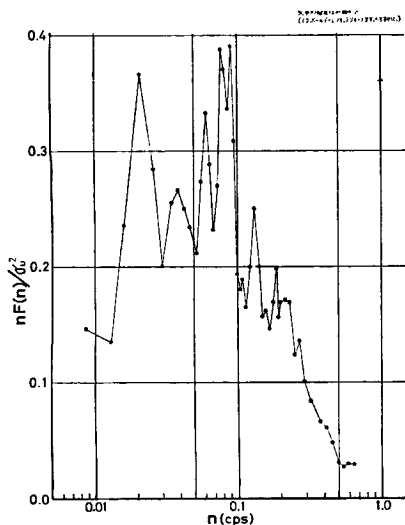


Fig. 6 Normalized logarithmic power spectrum of Run A.

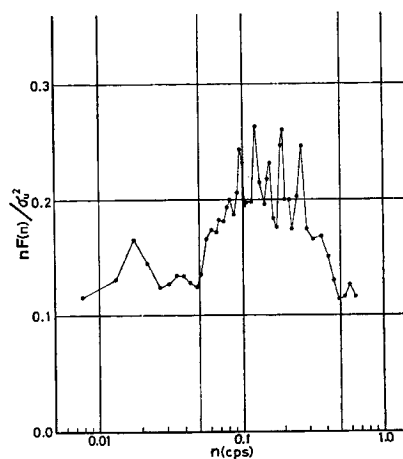


Fig. 7 Normalized logarithmic power spectrum of Run C.

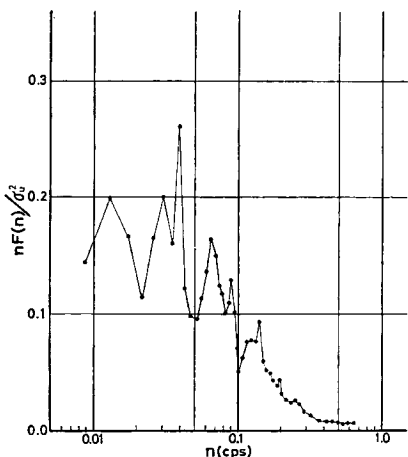


Fig. 8 Normalized logarithmic power spectrum of Run B.

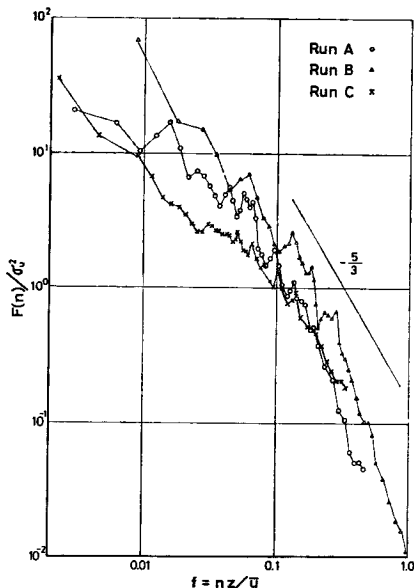


Fig. 9 Comparison of normalized power spectra.

4. 結 語

台風7220が潮岬に上陸した際、潮岬で得られた風速変動記録を解析することにより、台風眼の内外の風の乱れの性質について調べることができた。台風眼が通過する前後の強風時の風の乱れの性質はよく似ており、普通の強風の場合にこの場所で観測された例と大差ない。対数スペクトルのピークに対応する波長も 300 m 程度であって他の場合について得られたものと大差ない。台風眼の中ではスペクトルの形は見掛上非常に異なったものになるが、風速によって normalize した周波数 f を用いてスペクトルを書きなおして見ると結局あまり形の差の無いものが得られた。そしてスペクトルのピーク的位置も波長にして 380m と強風時と大差ない。またこれらの結果は以前に同じ潮岬で台風以外の風について測定されたスペクトルとも一致する。従って、台風眼の周辺のような風速が大きくしかも流線の曲率の無視できないような状態でも、台風眼の中のように風が弱くしかも下降気流によって極めて安定な成層が生じていると考えられる状態においても風速変動の無次元化した周波数を用いた normalized spectrum の形は台風以外の風の場合に得られたものと大差なく、乱れの強さも同じ値を取ることが見い出された。もっともこの潮岬で得られたスペクトルピークに対応する波長はいずれの場合も 300m ぐらいになり、Davenport などの提案している値よりはずっと小さく半分ぐらいである。この差は地表面粗度の条件のみによって決定されるものと思われるので日本国内の他の場所での測定結果との対比をさらに行ってこの点を確認したい。

参 考 文 献

- 1) 光田 寧・花房龍男・藤谷徳之助：大気乱流特性の実時間解析について，京都大学防災研究所年報，第 14 号，1971，pp. 505-511.
- 2) Davenport, A. G.,: The spectrum of horizontal gustiness near the ground in high winds, Quart. J. R. Met. Soc., Vol. 87, 1961, pp. 194-211.
- 3) 石崎潑雄・光田 寧・花房龍男：風速変動の長周期成分について，京都大学防災研究所年報，第 11 号 A, 1968, pp. 489-497.

- 4) 石崎潑雄・光田 寧・佐野雄二：風速変動の長周期成分について(2)，京都大学防災研究所年報，第 12 号A, 1969, pp. 227-235.