

日本列島周辺の台風高潮パターン 2 例*

中 村 重 久**

Two patterns of typhoon-induced storm surges around the Japanese Islands*

Shigehisa NAKAMURA**

Abstract: Two recently observed patterns of typhoon-induced storm surges around the Japanese Islands are introduced. Meteorological anomaly of the sea level is obtained after eliminating the predicted tides out of the mareogram at each tide station for the typhoons 8506 and 8719. The meteorological anomaly is separated into two parts, i.e. barometric and non-barometric effects. The local winds are considered in relation to a part of the non-meteorological effects, though only a qualitative notice is given. A discussion is made to know whether any hazardous storm surge is a type of the Kelvin-like waves.

1. 緒 言

台風は北太平洋西部沿岸域で高潮をひきおこし、水災害の要因のひとつである。この台風や高潮については、伊勢湾台風以来、気象庁(1961)によって予・警報に関連した問題としての調査報告が出されている。一方、DEACON and DEACON(1982)は、北海の高潮を論ずるにあたり、NOMITSU(たとえば、1934)の気圧に対する海面の応答に関心を示している。北海の高潮の数値計算(1953年1月31日-2月1日)の例もHANSEN(1956)により発表されている。また、FANDRY *et al.*(1984)は、サイクロンによって生じた Kelvin 型の高潮を考えた。台風高潮については、中村(NAKAMURA, 1981; 1988; 中村, 1988)の検討例がある。

本論文では、最近、日本列島に強い影響を及ぼした台風高潮の2例について、検潮記録によってとらえられたパターンを示す。これによって、台風の経路が異なるとき、台風による潮位偏差にも顕著な差異があることを示

すことができる。気圧低下の効果のほかに、検潮所の位置によっては、風の効果が大きいこともある。具体的観測例によって再確認するとともに、高潮災害と Kelvin 型高潮との関連についても考察する。

2. 台風の経路

ここで検討の対象とする台風高潮については、中村(1988)が海面水温と関連づけて調べている。本論文では、それと別の面から検討を試みる。便宜上、2つの台風例をえらび、その台風の日本列島周辺における経路を Fig.1 に示した。すなわち、台風 8506(実線)と台風 8719(破線)である。台風 8506 は、九州南方洋上から紀伊半島沖を経て静岡県沿岸に上陸し北東進した。台風 8719 は、四国南方洋上から加古川市付近へ北上し日本海へ出た後に北東進した(cf. Fig. 2)。

3. 台風高潮の特徴

これらの台風高潮の特徴をとらえるため、気象庁所管の検潮記録を利用することとした。台風 8506 に関連して利用した検潮記録は、宮古、大船渡、小名浜、岡田、御前崎、尾鷲、浦神、潮岬、南部、室戸岬、土佐清水、油津である(ただし、南部は京都大学の圧力式潮位計による)。上に示した検潮所の位置を記号化し、Fig.1 に示した。すなわち、それぞれ MIY, OFU, ONA, OKA,

* 1989年6月5日受理 Received June 5, 1989

** 京都大学防災研究所附属白浜海象観測所, 〒649-22
和歌山県西牟婁郡白浜町堅田畑崎
Shirahama Oceanographic Observatory, Disaster
Prevention Research Institute, Kyoto University,
Katada-Hatasaki, Shirahama, Wakayama, 649-22
Japan

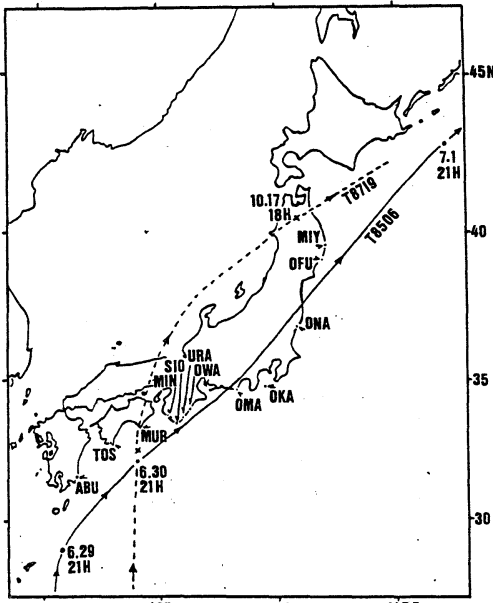


Fig. 1. The tracks of Typhoons 8506 and 8719. Solid line: the track of Typhoon 8506 from 29 June to 1 July 1985. Dotted line: the track of Typhoon 8719 from 16 to 17 October 1987. Dots: tide stations where the mareograms of Typhoon 8506 were obtained.

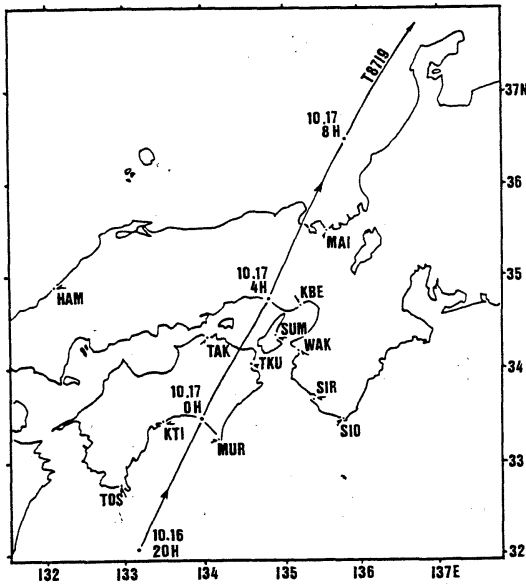


Fig. 2. The track (solid line) of Typhoon 8719 from 20h on 16 October to 8h on 17 October 1987. Dots: tide stations where the mareograms of Typhoon 8719 were obtained.

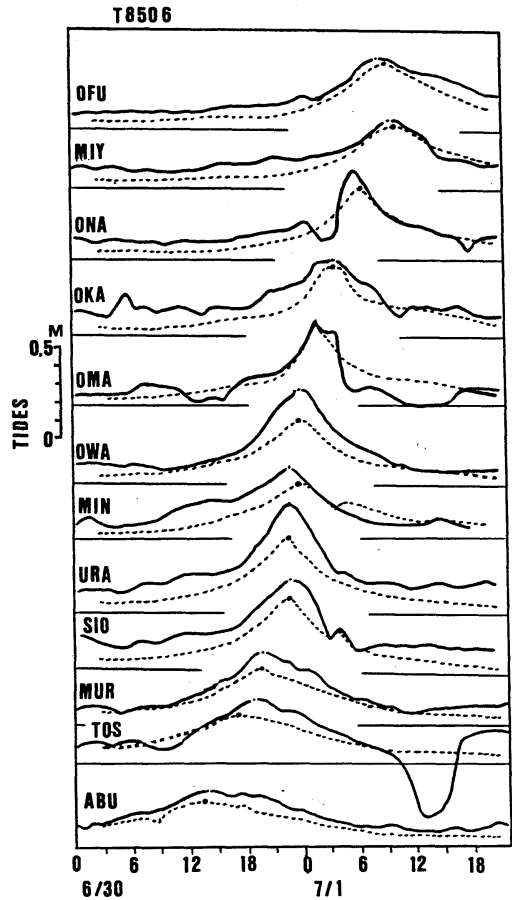


Fig. 3. Meteorological anomaly (solid line) of the sea level and barometric effects (dotted line) of Typhoon 8506.

OMA, OWA, URA, SIO, MIN, MUR, TOS, ABU である。

台風 8719 については、土佐清水、高知、室戸岬、潮岬、白浜、和歌山、徳島、高松、洲本、神戸、舞鶴、浜田の検潮記録を対象とした。これらの検潮所の位置を記号化し、Fig.2 に示した。すなわち、それぞれ TOS, KTI, MUR, SIO, SIR, WAK, TKU, TAK, SUM, KBE, MAI, HAM である。

(1) 台風 8506 の例

各検潮記録から予想潮(主として天文潮)を差引いて潮位偏差を求める。台風 8506 の場合、1985 年 6 月 30 日 - 7 月 1 日を対象として、潮位偏差を Fig. 3 の実線のように示した。また、気圧低下の効果を静水圧近似によって推定した結果を、Fig. 3 の破線によって示した。一般に、外洋では、台風高潮の潮位偏差は気圧低下の効果

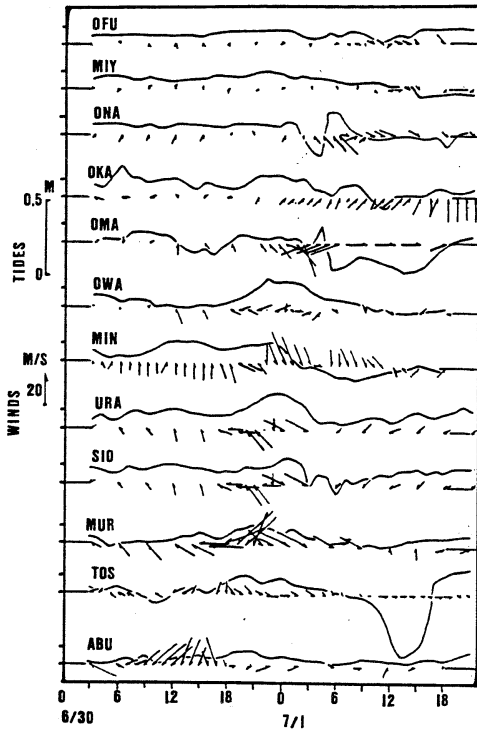


Fig. 4. Meteorological anomaly of the sea level for Typhoon 8506. Solid line: non-barometric effects. Arrows: local winds.

として考えてよいとされているし、その理論的根拠も与えられている(たとえば NAKAMURA, 1981)。ただ、Fig. 3 では、実線と破線とはかならずしも一致してはいない。

台風高潮の潮位偏差が非線型現象の場合には検討が複雑になる。簡単のため、線型的なデータ処理が可能なものと考えよう。このとき、Fig. 3 に示した潮位偏差から気圧低下の効果を差引いた偏差は、Fig. 4 の実線のようにになる。Fig. 4 には、各検潮所に対応した地点の風速を矢印によって示した。これによって、たとえば南部では、風向の変化が偏差の変化によく対応していることがわかる。これは、いわゆる風による吹き寄せ効果である。小名浜でも短時間ながらこの風の効果が認められる。

御前崎では、風が変わって、西風となると偏差が大となり潮位低下の原因となっている。油津、室戸岬、潮岬、岡田では、この偏差は比較的小さく、気圧低下の効果がとくに顕著なことがわかる。これは外洋性高潮の特徴とみてよいであろう。また、尾鷲と浦神とでは、台風が最も接近した位置にある時に偏差も最大である。これには、気圧低下の効果の増幅や検潮所周辺の地形条件も考慮す

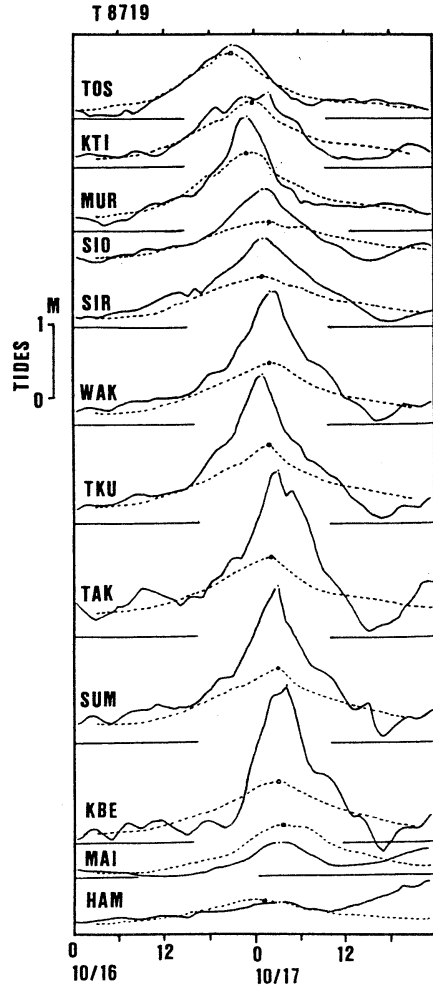


Fig. 5. Meteorological anomaly (solid line) of the sea level and barometric effects (dotted line) of Typhoon 8719.

べきであろう。土佐清水では台風通過後に偏差の負値が異常に大きくなっている。

ここでは定性的検討にとどめたが、Fig. 3 および Fig. 4 では、偏差のさらに短時間の変動はわからない。

(2) 台風 8719 の例

上述の台風 8506 の例と同様にして、1987 年 10 月 16 - 17 日の台風 8719 の例を示す。潮位偏差は Fig. 5 に実線で示した。また、気圧低下の効果は Fig. 5 の破線のように推定される。Fig. 5 の実線と破線のパターンは、Fig. 3 にみられたパターンと対照的である。これは台風の経路の相異によるものである。

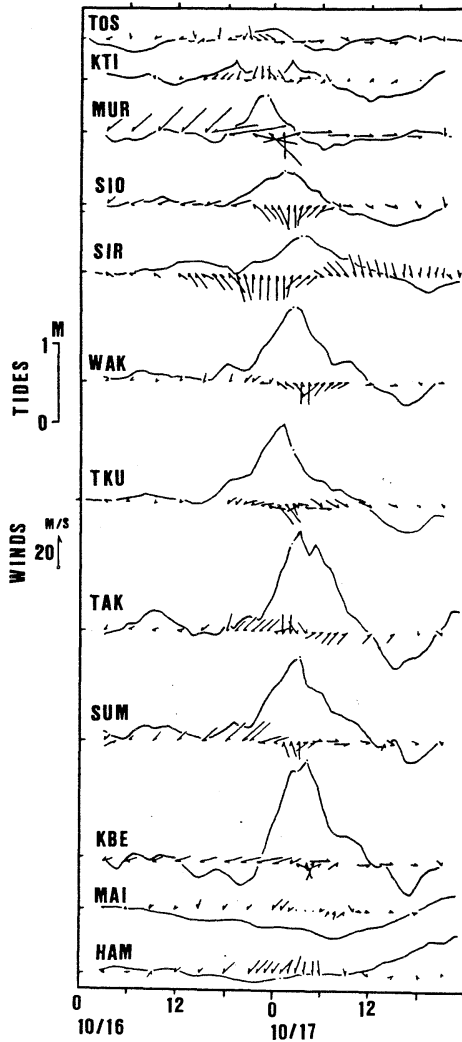


Fig. 6. Meteorological anomaly of the sea level for Typhoon 8719. Solid Line: non-barometric effects. Arrows: local winds.

潮位偏差から気圧低下の効果を除いた偏差を Fig. 6 に実線で示した。風は矢印によって示した。高知と土佐清水としては気圧低下の効果を除いた偏差は小さい。舞鶴と浜田とでは台風通過後に偏差が顕著に大きくなっていることがわかる。これは日本海沿岸の高潮として検討すべきかもしれない。太平洋側の室戸岬、潮岬、白浜では偏差は最大約 0.5m である。これには増幅作用が関連しているように見える。さらに、紀伊水道・大阪湾の海域

では、和歌山、高松、洲本、神戸の各検潮所で、風による吹き寄せ効果が非常に顕著である。とくに、大阪湾奥に位置する神戸では、偏差の最大は約 1.5m に達している。周辺の海底地形・海岸形状も考慮すべき因子であろう。

4. 外洋に面した沿岸での高潮

高潮が岸沿いに移動する場合、これは、外力によって生じた Kelvin 波の問題として処理される (たとえば GILL, 1982, とくに p.398-403)。この場合、Rossby の変形半径と岸沿いの高潮のスケールとの大小関係が重要になる。Rossby の変形半径の決定には対象とする水深が与えられなくてはならないが、水深の値に任意性があると問題は力学的意義を失ってしまうことになる。しかし、時間のスケールが f^{-1} より小さいときは、このようなことは問題の対象ではなくなる。ここで、着目する緯度を $\zeta=30^{\circ}\text{N}$ とすると、

$$f^{-1} = \frac{1}{2\Omega \sin \zeta} \sim \Omega^{-1} \div 2.4 \text{ hours.}$$

ただし、 Ω は地球自転角速度である。

台風 8506 および台風 8719 の例では、高潮偏差の時間スケールは約 20 時間であり、上の f^{-1} の値の約 10 倍とみてよい。台風の経路からみて、台風 8506 の場合には高潮偏差が Kelvin 型に近い挙動をするようであったとしても、台風 8719 の場合はそれほど現象は簡単ではない。

GILL (1982) は、1953 年 1 月 30 日 - 2 月 2 日の北海における高潮の例 (ROSSITER, 1954) を引用している。FANDRY *et al.* (1984) は、岸に平行な風や気圧勾配は Kelvin 波の特性をもった変動をひきおこす要因であるとして KAJIURA (1962) や THOMSON (1970) の例を示している。

ところで、日本列島周辺で高潮災害をともなった台風の経路は、1934 年の室戸台風や、1954 年の伊勢湾台風、その他の多くの場合、台風 8719 の経路に近い。台風 8506 のような経路の場合には Kelvin 型の高潮があらわれるにちがいないが、かならずしもこれが高潮災害につながる。高潮の力学的機構や予測についてなお今後の検討をまつ必要がある。

謝 辞

本研究をすすめるにあたって、気象庁の御好意により気象資料・検潮記録などの利用ができた。

文 献

- DEACON, G.E.R. and M.B. DEACON (1982): Modern Concepts of Oceanography. Hutchinson Ross Publ. Co., Stroudsburg, Pennsylvania. 385pp.
- FANDRY, C. B., L.M. LESLIE and R.K. STEEDMAN (1984): Kelvin-type coastal surges generated by tropical cyclones. *J. Phys. Oceanography*, **14**, 582-593.
- GILL, A.E. (1982): Atmosphere-Ocean Dynamics. Int. Geophys. Ser., Vol. 30. Academic Press, N.Y. 662pp.
- HANSEN, W. (1956): Theorie zur Errechnung des Wasserstandes und der Stroemungen in Randmeeren nebst Anwendungen. *Tellus*, **8**, 287-300.
- KAJIURA, K. (1962): A note on the generation of boundary waves of Kelvin-type. *J. Oceanogr. Soc. Japan*, **18**, 49-58.
- 気象庁 (1961): 伊勢湾高潮の総合調査報告. 気象庁技術報告 No.4. 286pp.
- NAKAMURA, S. (1981): On factors magnifying a storm surge. Proc. XIX Congress IAHR, New Delhi, Subject B(a), Paper No.5, 47-54.
- NAKAMURA, S. (1988): An observation of factors related to typhoon. Proc. VI Congress IAHR-APD, Kyoto, Vol.4, 273-280.
- 中村重久 (1988): 近畿圏沿岸の高潮災害の要因としての黒潮について. 京都大学防災研究所年報, No.31 B-2, 753-773.
- NOMITSU, T. (1934): Coast effect upon the ocean current and the sea level. II. Changing state. *Mem. Coll. Sci., Univ. Kyoto, Ser. A*, **17**, 249-280.
- ROSSITER, J.R. (1954): The North Sea surge of 31 January and 1 February 1953. *Phil. Trans. R. Soc. London, Ser. A*, **246**, 371-400.
- THOMSON, R.E. (1970): On the generation of Kelvin-type waves by atmospheric disturbances. *J. Fluid Mech.*, **42**, 657-670.