

沖合いの観測塔による台風通過時の海象観測

中村重久*

Observations at the two offshore tower stations during the Typhoon 9426's passage

Shigehisa NAKAMURA*

Abstract: Observations at the two offshore tower stations during a typhoon's passage are introduced and studied. A case of the Typhoon 9426 which landed on 29th September 1994 is the interest in this work. The two offshore tower stations recorded oceanographical and meteorological records during the typhoon's passage. Two considerations are given, namely; a) relationship between the surrounding topography and the obtained distorted wind records on that day, and b) relationship among the surrounding topography, wind data, sea surface temperature and tidal data at the said of two stations.

1. 緒言

台風は沿岸域に高潮を発生させ、時には、これが沿岸域の災害につながる。その防止軽減のための基礎研究の一端を、本文では沖合いの観測塔において得られた観測記録にもとづいて述べる。

2. 従来の研究例と観測塔

中村(1982)は、白浜海洋観測塔の水位変動について研究し、その後、白浜海洋観測塔を利用した研究成果をいろいろと発表している(たとえば、中村, 1994)。

ところで、1993年には、京都大学に新しい観測塔が設置された。この観測塔は、田辺湾沖の中島(岩礁)を利用したもので、その周辺海域は半径1km以内で水深32mの平坦な海底(細砂)である。このようなことから、新しい塔では、沖合いの情報を直接計測によって的確にとらえる立地条件にある(cf. Fig. 1の記号Tの位置)。この観測塔は、設置後、まだ時間が経過していないので、長期記録はない。ただ、これまでに得られた成果の報告例がいくつかある(中村, 1995a,b)。

ところで、1994年9月26日には、台風9426号が紀伊半島南部に上陸し、北上した。ここで、この台風通過時の、新しい観測塔における海象観測記録の一部を検討して、本文の目的を果たすこととしたい。

3. 台風の特徴

台風9426号は、本州南方洋上で発生後、ゆるやかに北上し、本州に接近する途上で発達し、気圧の最低中心示度は925 hPaであった。台風の経路は、Fig. 1に示した。台風は、9月29日18時(JST)頃、観測塔Tの南東方、紀伊半島南岸に上陸した。この観測塔と台風中心との最も接近した時の距離は約20km程度と考えられる。

4. 観測塔による記録

台風9426号が海象にどのような影響を及ぼすかを示すため、観測塔による記録をFig. 2に示した。

1) 風向・風速 風速Uは台風が最も接近した時刻付近で最大となり、風向UDは、台風の進行にともなって変化している。18時以降は、SからE寄りの風となり、陸上地形の影響を強く受けているものと判断される。

2) 気温・露点温度 気温ATは台風接近とともに上昇し、変動している。露点温度DTの示度からみて、海上で、水蒸気は飽和に達しなかったことがわかる。

3) 水温 海面下5m(WT-5)と10m(WT-10)とにおける水温の顕著な変化はなく、およそ0.4°C/5mの鉛

* 京都大学防災研究所付属白浜海洋観測所
〒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.

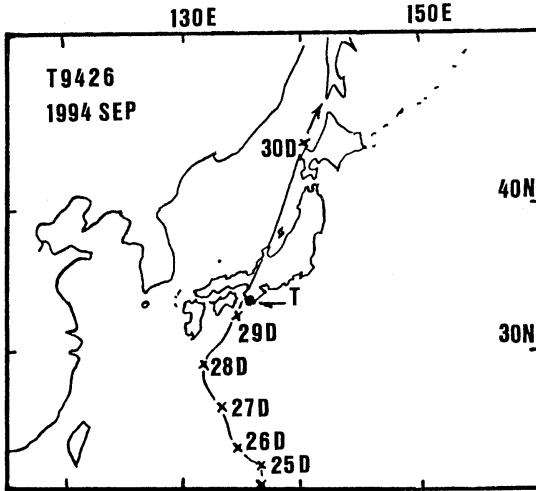


Fig. 1. Track of Typhoon 9426 and the location of one of the offshore tower stations (T). The cross mark is showing the typhoon's center at 21h JST on each day during 25th to 30th September 1994.

直成層が維持され、成層状態は安定であったとみられる。全般に、気温は水温より低く、台風通過時には、海水から大気への熱エネルギーの供給が持続されていたが、これが海水の成層を乱すには至らなかった様である。

4) 波浪とうねり 9月26日午前中は、いわゆる波浪であったものが、午後になると、台風からのうねりの到達によって、最大波高HXも有義波高HSも時々刻々と増大する。図中には、有義波に対する周期TSをも併せて示した。

5) 潮位 本文では、観測塔で記録された潮位Z（相対潮位）のみを示した。気象庁の資料を参考にする、実測潮位と推算潮位との差（偏差）は、09時に気圧の効果で極大となり、21時に台風通過後の風の吹き寄せ効果で再び極大となっている。

5. 観測塔の風速

上述の Fig. 2 の風速Uは、観測塔のプロペラ式風速計によるものである。

観測塔では、そのすぐそばに、超音波式風速計を取付けている（海面上20m）。

ここで、超音波式風速計による風向DS・風速USとプロペラ式風速計による風向DV・風速UVとの相互関係を、台風通過時の1994年9月29日についてみると、その結果は、Fig. 3および4のようになる。

1) 風速 上記の2つの型式の風速計で得られた風速は

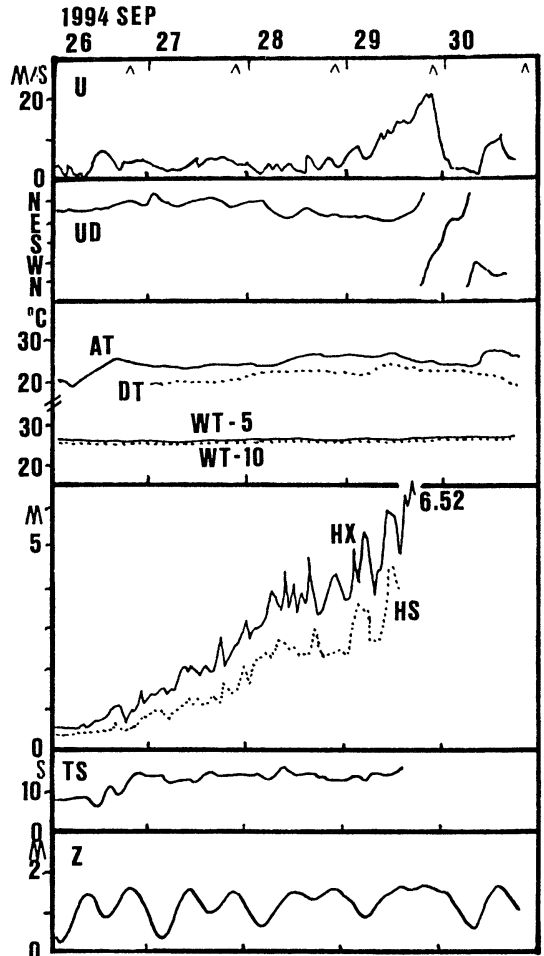


Fig. 2. Oceanographical and meteorological records obtained at the new offshore tower (T) located at 33°42.2' N, 135°21.1' E.

Fig. 3 の様な図に示される。図中には、時刻（正時）を示して、時間的変化にもわかる様にした。この図をみると、台風接近時には、近似的に、 $US=0.7UV$ という関係がみられるが、台風通過後は、 $US=UV$ に近い関係がみられるようになる傾向がある。

2) 風向 同様に、上記の2つの型式の風速計で得られた風向は Fig. 4 の様になる。図中には、時刻（正時）を示し、時間的変化もわかる様にした。全般的に、 $DS=DV$ で近似してもよいと言えそうであるが、風がEからSEの範囲では、DVがDSよりも南寄りに偏っている。これが系統的な計測上の差によるのか、あるいは、観測塔およびその周辺の地形条件などの影響によるのかは、ここに示した Fig. 3 および 4 によっては、はっきりと判別することは難しい。

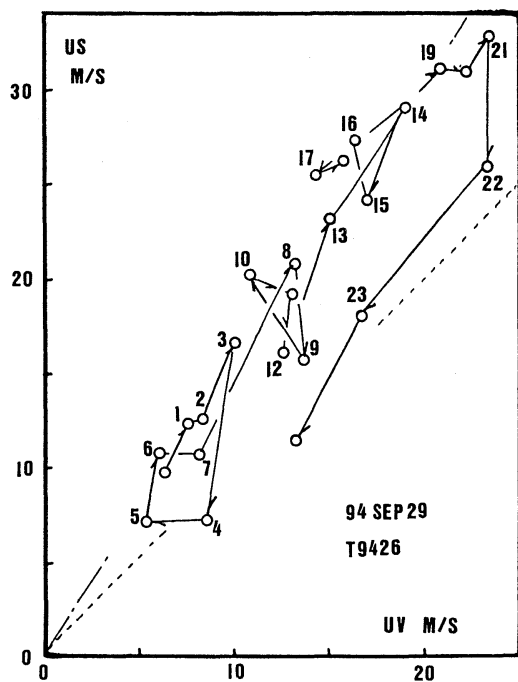


Fig. 3. Relation between the recorded wind speeds by the sonic wind meter (US) and by the wind meter of a vane with an impeller (UV). The numerals are time (hour) on 29th September 1994.

6. 2つの観測塔と風向

本文の初の部分で述べた様に、現在、2つの観測塔が利用できる (cf. 中村, 1995)³⁾。本文でこれまで注目した観測塔 (概位: 33°42.3' N, 135°20.1' E) と白浜海洋観測塔 (概位: 33°41.6' N, 135°21.1' E) との距離は約1.8kmであるが、距岸距離は、後者が0.5kmであるのに対し、前者は約1.5kmである。

上記の2つの観測塔での9月26日の風向の記録は Fig. 5 のようになる。白浜海洋観測塔では、風向 DV' を矢羽根式風向計 (海面上10m) によって計測記録している。この図をみると、DS と DV' との間に系統的な差がある様に見える。とくに、風が E から SE までの間で、その傾向が強い。これは、白浜海洋観測塔は、風の観測にあたって、周辺の陸地の影響を強く蒙っていることを示すものと考えてよい。この影響は、従来、指摘されていたが、今回のように、定量的に示された例はない。

7. 2つの観測塔と水温

ここでは、表題に記した海象の重要な因子である水温

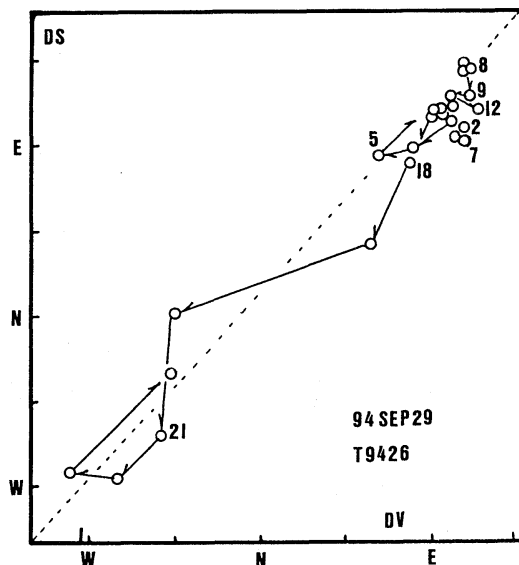


Fig. 4. Relation between the recorded wind directions by the sonic wind meter (DS) and by the wind of a vane with an impeller (DV). The numerals are time (hour) on 29th September 1994.

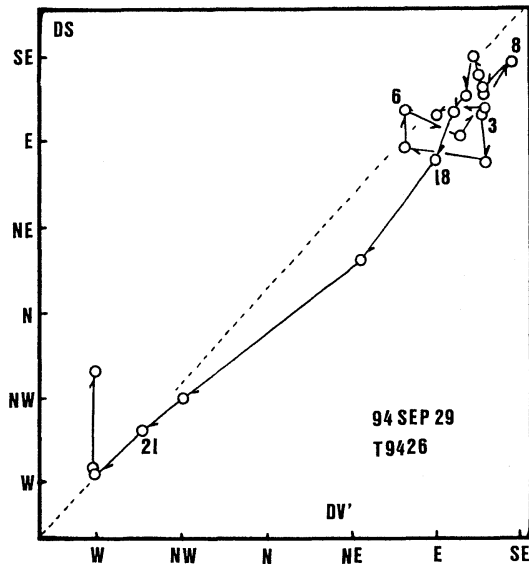


Fig. 5. Relation between the recorded wind directions by DS at the new station and DV' at the oceanographic tower station (location: 33°41.6' N, and 135°20.1' E) on 29th September 1994.

と潮位とについて、観測塔において得られた記録にもとづいた検定を加える。

はじめに、新しい観測塔 (Fig. 1 の T) において得ら

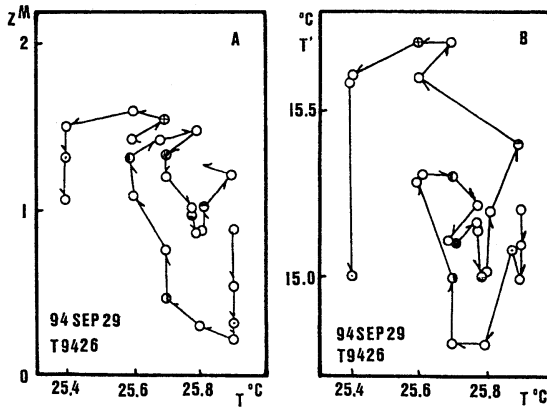


Fig. 6. Relation between the tides and sea surface temperature. A relation between tide level (Z) and temperature (T) at the new station referring the new station (T) and at the oceanographic tower station (T').

れた台風通過時の水温と潮位との相互関係を考える。台風9426号に関連して、1994年9月29日の毎正時の記録から Fig. 6A のような図が得られる。この Fig. 6A では、 Z は相対潮位であり、 T は海面下 2.5m における海水温である。この図によれば、潮位と水温との間にある関係がありそうにみえる。

つぎに、上記の T を白浜海洋観測塔の水温（海面下 2.5m）と対比してみる。その結果は、Fig. 6B のようになる。ここで着目した9月29日に関するかぎり、Fig. 6のAとBの時間的変化のパターンは相互によく似ている。これは、物理的に何を意味しているのであろうか。

潮位は、海水の運動によって生ずるものであるから、運動方程式と関連づけて記述できる。水深を h 、流速ベクトルを u とし、海水に作用する外力を F とすると、

$$\frac{du}{dt} + f \times u = -\frac{1}{\rho} F \quad (1)$$

ここに、 t は時間、 ρ は海水の密度、 f はコリオリ因子である。外力 F としては、ここでは、大気圧 P 、海面に作用する風応力 T 、太陽や月の引力の作用 Ω が考えられる。すなわち、

$$F = \nabla P + \nabla T + \nabla \Omega \quad (2)$$

上の P は、従来、静的等価水位の変化 Y で表わされると考えられてきた。重力の加速度を g とすれば、 $P = \rho |g| Y$ と書くことになるが、最近の観測例をみると、この考えは必ずしも正しくはないようである（中村、1995）。また、 T は、海と風 U （大気密度を ρ_a とする）

に対して、 $T = a(\rho U^2/2)$ と便宜的に考えることができる。しかし、海と風の作用の一部が T におきかわるものとして、その割合を、上記の ρ ($0 < a \ll 1$) とするのが従来の考えであった。このとき、 a に力学的意味づけが必要であるが、現実には、経験則によってその数値が定められているようである。さらに、 Ω は、一般に、起潮力の名で知られているが、潮汐の理論では、従来、静的水位変動におきかえて検討される例が多かった様である。これに加えて、陸棚沿岸域では、水深 h も考慮する必要がある。

水温は、熱エネルギーと関連して、熱平衡方程式によって記述できる。一般に熱は拡散量として扱われ、つぎのように書かれる。

$$\frac{dT}{dt} = -kT + \beta \nabla^2 T \quad (3)$$

ここに、 k は冷却の効果に関する係数、 β は熱拡散係数である。

ところで、海水の密度は、水温 T 、塩分 S 、圧力（あるいは、深さ H ）で定まるのが一般である。すなわち、(1) において、

$$\rho = \rho(T, S, H) \quad (4)$$

沿岸域では、(1) の様なオイラーの記述では、(4) の H が変われば、 ρ も変わることになる。

$$\rho = \rho(T_0, S_0, H_0) + a \frac{\partial \rho(T, S, H)}{\partial H} + \dots \quad (5)$$

ここに、 a は微係数。さらに、沿岸域では、コリオリ因子が無視できるものとする、上記の(1)は簡単な式になる。

ここで、本文の主題にもどって、Fig. 6のAとBの時間的変化のパターンが相互によく似ていたことを考える。このパターンの類似は、上に示した(3)が重要な役割を果たしていないことによるものということになるであろう。このことは、Fig. 2の水温の時間的変化が顕著ではないことと矛盾しない。

ここで対象としている観測塔周辺海域について、上記の(1)、(3)を解くことは容易なことではない。しかし、Fig. 6のAとBとの類似は、水温と潮位との関係が強いことを示しているとみることはできるだろう。この関係を台風は少しばかり変形させることに寄与したものと評価できる。

厳密には、塩分の拡散方程式も考慮すべきかもしれない。しかし、塩分の寄与は小さい様である。それに、観測塔では、塩分の記録が得られていない。この点は不明

確な状態である。

8. 結 言

沖合の観測塔による台風通過時の海象観測について述べた。とくに、紀伊半島の田辺湾沖の2つの観測塔の記録によって、風向および風速と周辺地形との関係を明らかにした。また、水温と潮位との相互関係が、2つの観測塔での水温の相互関係と類似していることを、潮汐と関連づけて検討した。

今後、残された問題点も明らかにする必要がある。

本文をとりまとめるにあたり、気象庁、海上保安庁、和歌山地方気象台、和歌山県水産試験場の資料を利用した。ここに記して、感謝の意を表す。

文 献

- 中村重久(1982): 白浜海洋観測塔周辺の水位変動, *La mer*, **20**, 223-230.
中村重久(1995): 陸棚沿岸の高潮-理論と実態, 近代文芸社, 東京, 176 pp.
中村重久(1995): 沖合の観測塔による冬の海象観測, *La mer*, **33** (2), 103-106.
中村重久(1995): 台風によるうねりと海岸構造物の損傷, *La mer*, **33** (2), 125-127.

1995年1月8日受領

1995年12月15日受理