

和歌山県田辺湾口における気象海象観測(2007年–2009年)

鈴木崇之*・久保輝広・武藤裕則

* 横浜国立大学大学院工学研究院

要 旨

紀伊水道に面した和歌山県南部に位置する田辺湾口に1993年、沖合での気象海象観測を目的として田辺中島高潮観測塔が建設された。本報では、2007年1月から2009年12月までの3年間の観測データを統計解析し、田辺湾口における気象・海象の季節変動、および頻度分布を取りまとめた。解析の結果、冬季には北北西風が卓越し、波の周期は11秒以下が支配的であったけれども、夏季になると東風、南風が卓越し、周期が11秒以上の割合が高くなることがわかった。加えて、顕著気象じょう乱として、2007年7月、および2009年10月に日本に接近した台風通過時の気象・海象データを合わせて示す。

キーワード: 田辺中島高潮観測塔、季節変動、気象、海象、現地データ

1. はじめに

紀伊水道に面し和歌山県南部に位置する田辺湾では、1961年に白浜海洋観測塔が設置されて以来、気象海象に関する様々な研究がなされてきた(例えば、国司ら、1967; 中村・芹沢、1987, 1994)。さらに、1993年に白浜海洋観測塔に代わる総合観測塔として、田辺湾口に田辺中島高潮観測塔(以下、観測塔)が設置された。この観測塔での取得データおよび集中観測などによるデータを用いて、現在までも様々な研究成果が報告されている。吉岡ら(1998)や仁木ら(2004)は、夏季における海水交換のメカニズムについての検討を行っており、また、田中ら(1999)は観測塔での取得データに加えて、田辺湾内の水質、およびプランクトン調査を実施し、これらのデータベース化を実施した。水谷ら(2001)は観測塔で取得された風と波浪のデータ、および数値計算により、風と波の相関について報告し、Sugihara *et al.* (2007)は観測塔からWebカメラにより撮影された画像を用いて、白波被覆率についての検討を行っている。さらに、Shimada *et al.* (2009)は観測塔に設置されている超音波風速計により取得されたデータの解析を行い、田辺湾上における年平均、月平均の風向風速等について報告している。

このように観測塔の建設により、沖合におけるさまざまな気象海象データの取得が可能となり、多く

の研究が進められるようになった。しかし、この田辺湾口における気象海象の季節変動について、詳細な形では取りまとめられていない。そこで、本報では2007年1月から2009年12月までの観測塔において取得された気象海象データを取りまとめ、これらの季節変動、および頻度分布を示す。加えて、顕著気象じょう乱として2007年7月、2009年10月に来襲した台風通過時の観測データを合わせて示す。

2. 観測概要

2.1 観測地点および施設

和歌山県田辺湾は、湾口幅4.05 km、面積17.95 km²の西方に開けた湾である。湾口部周辺の水深は約30 mであり、海底地形はおおむね平坦である。また、田辺湾の干潮位、平均潮位、満潮位はそれぞれD.L., 0.0 m, 1.0 m, 2.0 mである。ここで、高さの基準は田辺湾文里港基本水準面(T.P., -1.1 m)である。

田辺湾口の中心付近には、中島と呼ばれる水深10 mの浅瀬をいただく急峻な孤立海底山がある。この海底山の上に1993年、田辺中島高潮観測塔(京都大学防災研究所白浜海象観測所所属)が設置された(北緯33° 42' 20", 東経135° 20' 08" ; Fig. 1, Photo 1)。この観測塔は沖合総合気象海象観測施設の役割を果たしており、現在、波高、潮位、海水温、海面温度、大気圧、湿度、風向、風速の気象海象を定常的

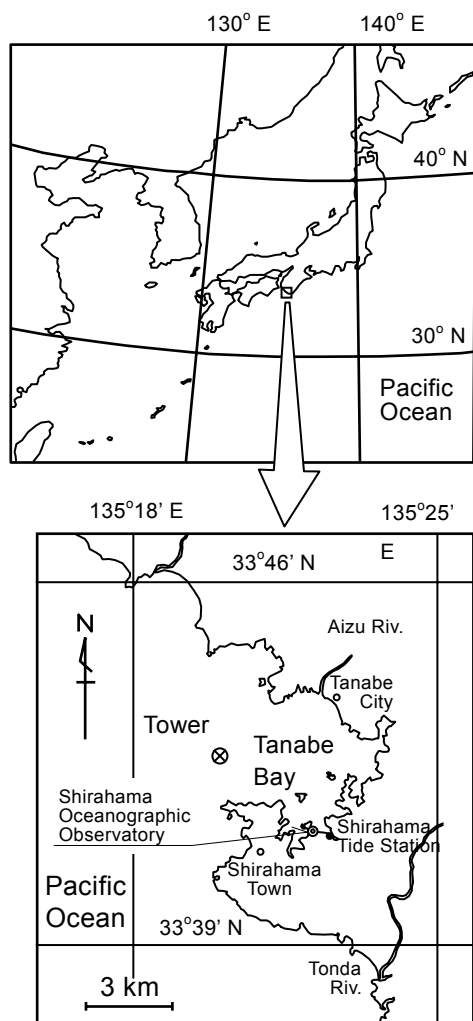


Fig. 1 Location of the Tanabe-Nakashima Oceanographic Observation Tower and the Shirahama Oceanographic Observatory



Photo 1 Tanabe-Nakashima Oceanographic Observation Tower

に観測している。

2.2 解析データ

観測塔にて計測されたデータは、観測塔内のデータレコーダに収録される。加えて、白浜町堅田に位置する白浜海象観測所 (Fig. 1) にもデータは逐次転送され、観測所内においてもデータレコーダに収録されている。

本解析では、2007年1月から2009年12月までの3年間のデータのうち、サンプリング間隔1秒で観測された風向風速、水深5 mおよび10 mにおける海水温、気温、湿度、大気圧、およびサンプリング間隔0.1秒で観測された波高を用いることとした。それぞれの計測器の配置をFig. 2に示す。

2.3 ノイズ処理

波高は、観測塔のD.L., 10 mの地点に設置された超音波式波高計 (US-500, (株)カイジョー) により観測が行われている。そのため、観測データには潮位成分も含まれている。取得されたデータのうち、2007

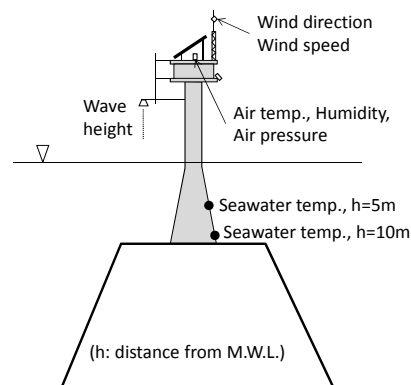


Fig. 2 Arrangement of the instruments on the tower

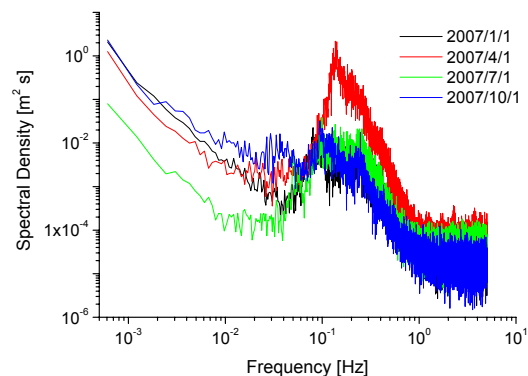


Fig. 3 Spectral densities of significant wave heights

年1月1日、4月1日、7月1日、10月1日の午前0時から1時間分のデータを用いて算出されたパワースペクトルをFig. 3に示す。どの季節のデータにおいても、周期10秒前後にピークが表れていることがわかる。また、30秒以上の長周期成分領域にも大きなエネルギーを有していることがわかる。

本解析では、波の波動成分を対象とした検討を行うことから、30秒以上の長周期成分、およびピーク周波数の約10倍となる1秒以下の短期周期成分を排除して解析を行うこととした。波高データは観測塔から空中発射式波高計により取得されていることから、釣り船等の停泊や波高計の真下を通過したことに伴う異常値も含まれている。これら異常データについては、適宜排除し解析を行った。

3. 気象海象データの統計

本章では、観測塔において観測された風向・風速、波高・周期、水温、気温、湿度および大気圧についての統計結果を示す。季節毎の統計値算出においては、冬季を12月、1月、2月、春季を3月、4月、5月、夏季を6月、7月、8月、秋季を9月、10月、11月と定義して解析を行った。

3.1 風向・風速

風向風速データは、観測塔の高さD.L., 21 mに設置された風車型風向風速計 (N-262LV, (株)日本エレクトリック・インスルメント) により、サンプリング周波数1.0秒で取得されている。このデータを用いて、10分間ごとの平均値を算出し、毎正時前10分間の値を1時間平均値として解析に使用した。

はじめに、各月の平均風速とデータ取得率を示す

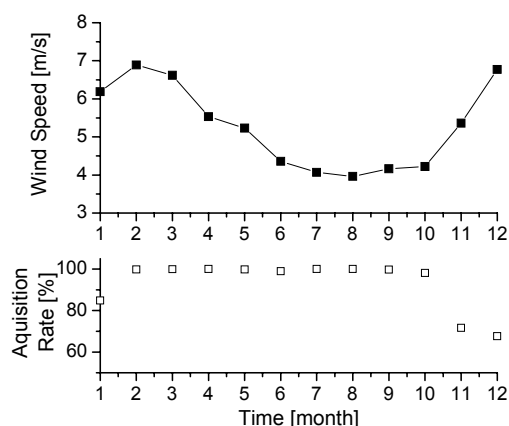


Fig. 4 Monthly averaged wind speed and data acquisition rate

(Fig. 4)。1月、11月、12月のデータ取得率がそれぞれ85%、72%、68%とやや低くなっているけれども、その他の月はほぼ100%であった。風速については、明瞭な季節変動が見られた。1月から3月は平均風速が6.0 m/sを超えており、強風日が多いことを示している。4月以降は徐々に風速は低下し、6月から10月にかけては4.0 m/s前後となる。さらに、11月以降になると風速は増加し、12月には6.0 m/sを超える値となっていた。

通年のデータを用いた階級別風速出現頻度分布、および階級ごとの割合をFig. 5に示す。年間平均風速は5.2 m/sであり、ピーク値は3.3 m/s、最大値は26.8 m/s (2009年10月8日4時) であった。

次に、季節毎に算出した風向・風速別出現頻度をFig. 6～9に示す。冬季 (12月、1月、2月; Fig. 6) は、北北西風がもっとも支配的であり、その頻度は31.5%であった。北西から北までの風が占める割合は全体の62.1%であり、また、このうち24.2%が風速10.0 m以上であった。これは、冬型の気圧配置である西高東低に伴う季節風であると考えることができる。冬季の平均風速は6.1 m/sであった。

春季 (3月、4月、5月; Fig. 7) になると、北北西方向からの頻度は減少し、それに伴い東風の頻度が増加する。しかし、10.0 m/s以上の強風については冬季と同様に全体の62.7%が北西から北の風となっていた。東風は冬季に比べ頻度は大きくなったものの、風速は5.0 m以下が69.7%を占めていた。春季の平均風速は3.2 m/sであった。

夏季 (6月、7月、8月; Fig. 8) は、北北西方向からの頻度が大幅に減少し、その一方で東風と南風が春季よりも増加している。南風に関しては、春季の5.2%から13.2%まで増大している。10.0 m/s以上の強風はほぼなくなり (2.3%)、平均風速は2.5 m/sであった。

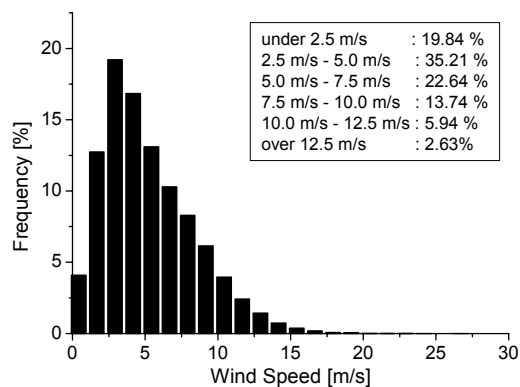


Fig. 5 Frequency of wind speed according to rank

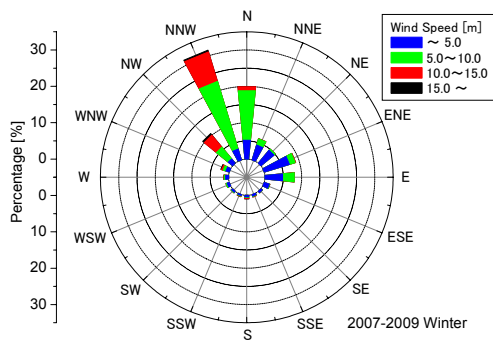


Fig. 6 Distribution of occurrence rate of wind speed and wind direction (winter; Dec., Jan. and Feb.)

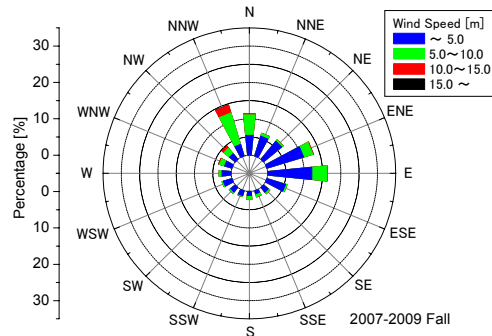


Fig. 9 Distribution of occurrence rate of wind speed and wind direction (fall; Sep., Oct. and Nov.)

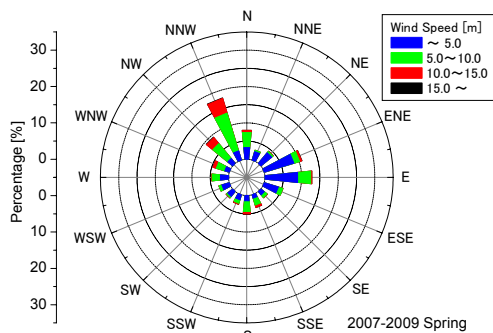


Fig. 7 Distribution of occurrence rate of wind speed and wind direction (spring; Mar., Apr., and May)

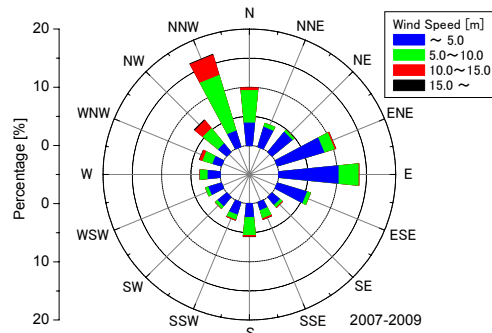


Fig. 10 Distribution of occurrence rate of wind speed and wind direction (full year)

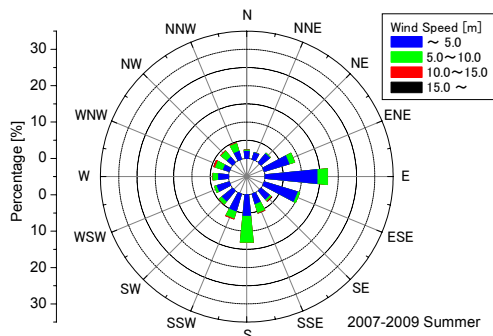


Fig. 8 Distribution of occurrence rate of wind speed and wind direction (summer; June, July and Aug.)

秋季（9月、10月、11月；Fig. 9）になると、依然東からの風の頻度が高いものの、北北西および北風の割合が増加してくることがわかる。さらに、10.0 m/s以上の強風についても、特に北北西風において見られるようになっている。秋季の平均風速は2.7 m/s

であった。

最後に、3年間分のデータを用いて算出した、通年の風向・風速別出現頻度分布をFig. 10に示す。頻度を見ると、主に冬季に卓越する北北西、北風と、主に夏季、秋季に卓越する東北東、東風の割合がそれぞれ26.6 %、24.2 %と高いことがわかる。10 m/s以上の強風は、主に北西、北北西から吹いており、両方向からの風で全体の67.1 %を占めていた。

3.2 波高・周期

波高データはノイズ処理された連続データを用いており、さらに、解析では20分間ごとのデータを用いて算出した有義波高 (H_s) と有義波周期 (T_s) のうち、正時から20分間の値を1時間平均値として用いることとした。

有義波高、有義波周期の月別平均値、およびデータ取得率をFig. 11に示す。1月、11月、12月は欠測日がやや多く、データ取得率はそれぞれ89 %、71 %、68 %に留まっている。しかし、他の月ではほぼ100 %

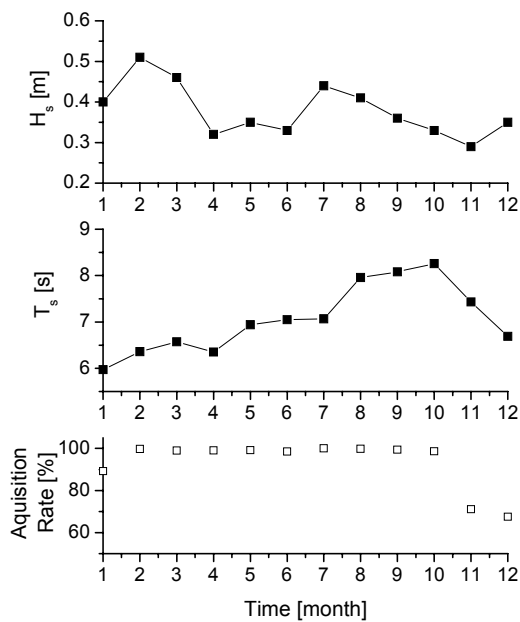


Fig. 11 Monthly averaged significant wave height and wave period, and data acquisition rate

の取得率となっている。

有義波高は、季節変動として明確な傾向は見られないものの、12月から3月、および7月から9月が他の月に比べるとやや高い値となっている。12月から3月までは冬季の季節風（北北西風）による影響、7月から8月は台風の影響であると考えられる。一方、有義波周期に関しては1月がもっとも周期が短く、6.0 sであった。1月以降10月にかけて、周期は長くなる傾向が見られる（10月、8.3 s）。8月から10月にかけて周期が長くなっているけれども、これは台風の通過に伴ううねり性波浪が来襲したことなどによるものであると考えられる。11月以降は周期が短くなっているけれども、これは北北西風による風波の割合が増加したためと考えられる。

次に、有義波高、および有義波周期の通年データを用いた階級別出現頻度分布と階級ごとの割合をそれぞれFig. 12, 13に示す。有義波高の平均値およびピーク値は、それぞれ0.38 m, 0.19 mであった。また、最大値は6.86 m（2007年7月15日3時、台風4号）であった。一方、有義波周期の平均値およびピーク値は、それぞれ7.07 s, 5.8 sであった。また、最大値は20.17s（2008年3月2日20時）であった。

季節毎に算出した波高・周期別出現頻度をFig. 14～17に示す。冬季（12月、1月、2月；Fig. 14）の周期はおおむね11 s以下であり、波高についても1 m以下が支配的である。この時期は、北北西の季節風が卓越することから（Fig. 6）、これに伴う風波が観測された主であると考えられる。冬季の平均有義波高、

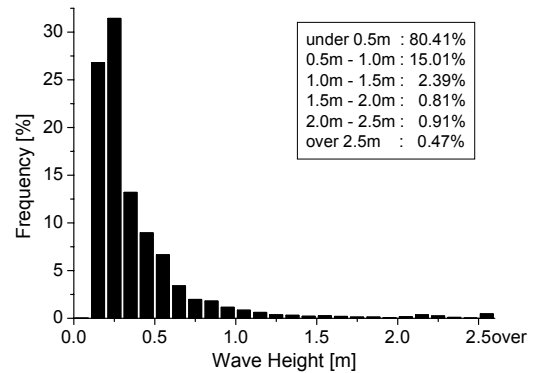


Fig. 12 Frequency of significant wave height according to rank

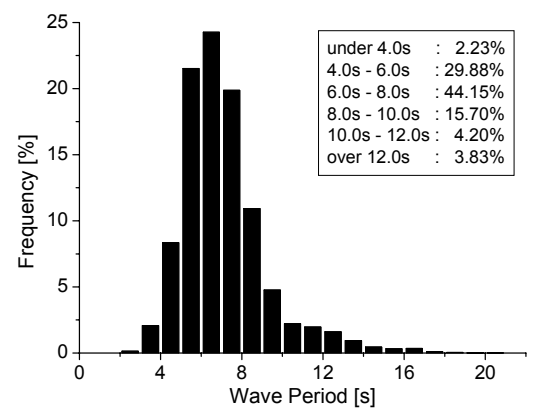


Fig. 13 Frequency of significant wave period according to rank

有義波周期はそれぞれ0.42 m, 6.34 sであった。

春季（3月、4月、5月；Fig. 15）は、周期が11 s以上のうねり性波浪が見られるけれども、11 s以下の分布形状については冬季とほぼ同一である。春季の平均有義波高、有義波周期はそれぞれ0.38 m, 6.62 sであった。

夏季（6月、7月、8月；Fig. 16）は、冬季や春季に比べて高波浪、長周期の波の頻度が増加している。これらは、台風の通過に伴ううねり性波浪が紀伊水道の南から伝播してきたものと考えられる。夏季の平均有義波高、有義波周期はそれぞれ0.39 m, 7.36 sであった。

秋季（9月、10月、11月；Fig. 17）についても、夏季と同様に長周期の波が観測されているけれども、高波浪の頻度は低下している。秋季の平均有義波高、有義波周期はそれぞれ0.33 m, 7.92 sであった。

3年間のデータを用いて算出した通年の波高・周期別出現頻度をFig. 18に示す。頻度としては、有義波高0.4 m, 有義波周期7.0 s辺りが最も高くなっている。

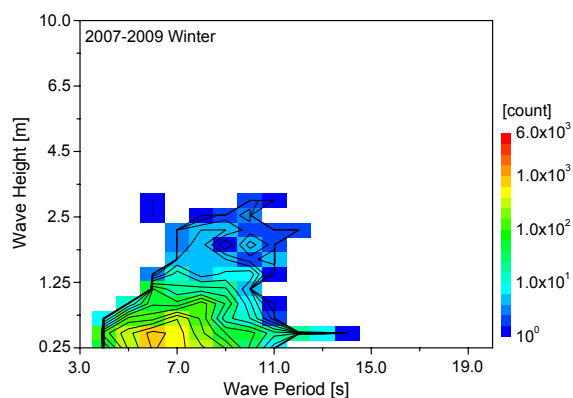


Fig. 14 Distribution of occurrence rate of significant wave height and wave period (winter; Dec., Jan. and Feb.)

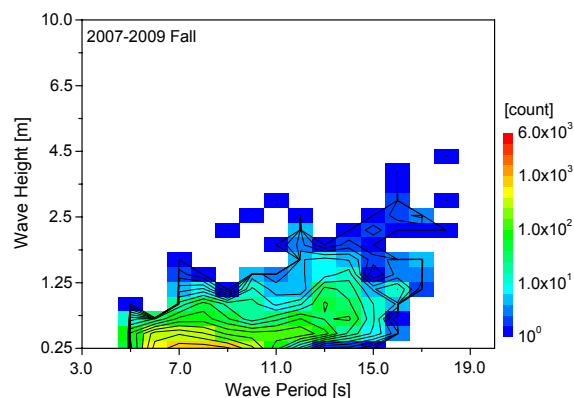


Fig. 17 Distribution of occurrence rate of significant wave height and wave period (fall; Sep., Oct. and Nov.)

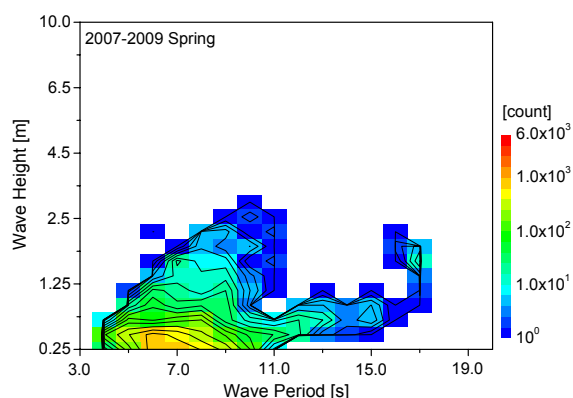


Fig. 15 Distribution of occurrence rate of significant wave height and wave period (spring; Mar., Apr. and May)

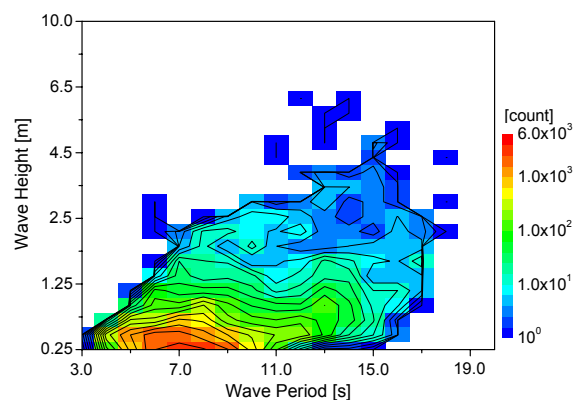


Fig. 18 Distribution of occurrence rate of significant wave height and wave period (full year)

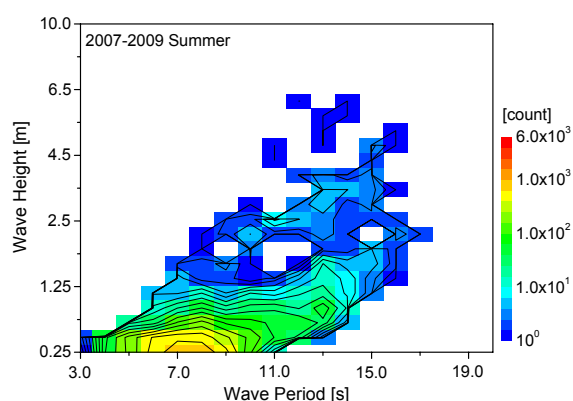


Fig. 16 Distribution of occurrence rate of significant wave height and wave period (summer; June, July and Aug.)

観測塔は西側に開けた田辺湾の湾口に立地していることから (Fig. 1), 高波浪は台風や低気圧の通過に伴い西側の紀伊水道方向より来襲するうねり性波浪が主となる。また、冬季には北北西の季節風が卓越することから、これによる風波も卓越することとなる。

3.3 海水温, 潮位, 気温, 湿度, および大気圧

海水温データは、観測塔に沿わせて海中にまで設置されている円柱管内に設置された水温計により取得されている。水深5 m (D.L., -5 m), 10 m (D.L., -10 m) における月別平均海水温, およびデータ取得率をFig. 19に示す。データ取得率は1月が85%, 7月, 8月および11, 12月の取得率が70%程度とやや低くなっているけれども、他はほぼ100%である。

海水温の変動は両水深ともにほぼ同一の傾向を示しており、2月に最低水温, 8月に最高水温を記録し

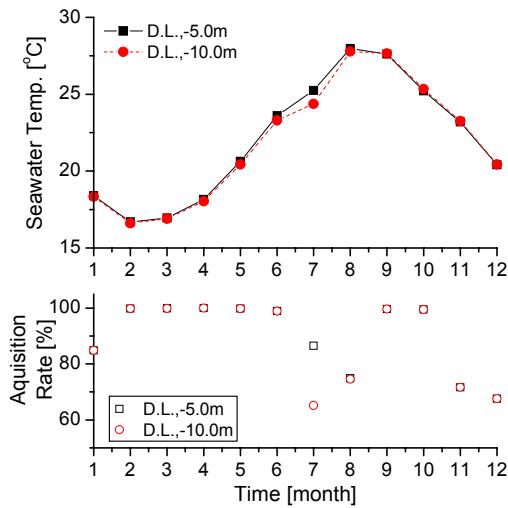


Fig. 19 Monthly averaged seawater temperatures and data acquisition rates measured at D.L., -5.0 m and -10.0 m

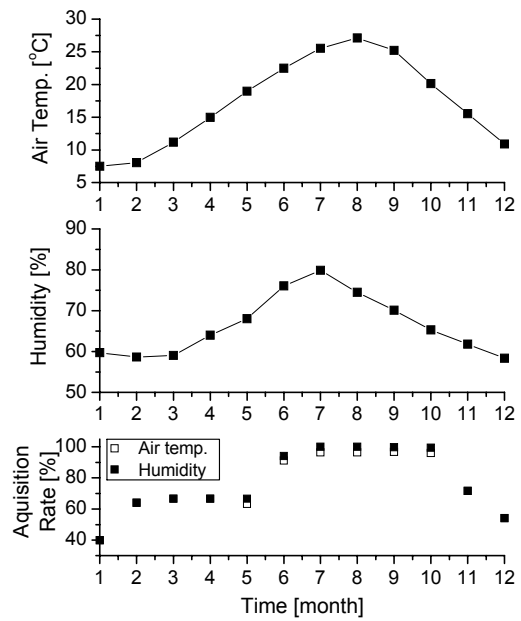


Fig. 21 Monthly averaged air temperature, humidity and data acquisition rates

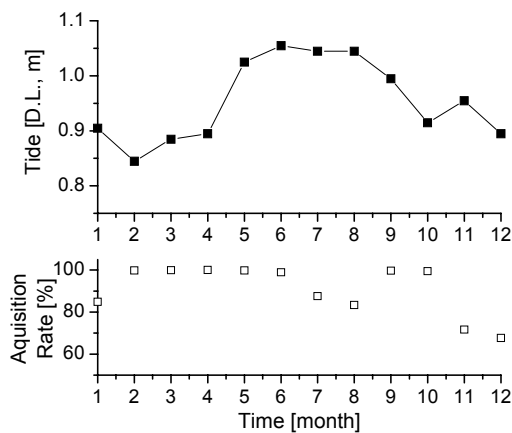


Fig. 20 Monthly averaged tide level and data acquisition rate

ている。水深5 m, 10 mにおける2月, 8月の平均水温はそれぞれ16.70 °C, 16.61 °C, および27.97 °C, 27.78 °Cであり, 2月と8月の水温差はそれぞれ11.27°C, 11.17 °Cであった。

潮位データは, 水温計と同様に観測塔に沿わせた管内に設置された潮位計 (QW-8, 明星電気(株)) により取得されている。月別平均潮位, およびデータ取得率をFig. 20に示す。1月から4月, および10月から12月にかけて潮位は低く, 5月から9月にかけては約0.15 m高くなる季節変動を有している。これは, 秋季, 冬季になると気圧が高く気温が低くなり, また, 地球が公転軌道の近地点付近にあるため, 太陽の影響がより強くなるためと考えられる。

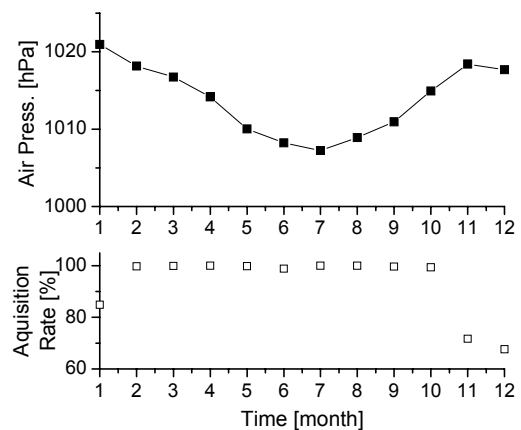


Fig. 22 Monthly averaged air pressure and data acquisition rate

次に, 気温と湿度の月別平均値, およびデータ取得率をFig. 21示す。気温湿度計 (HMP45A-D, ヴァイサラ(株)) は観測塔上D.L., 16 mの地点に設置されている。気温については, 1月に最低値となる7.48 °C, 8月に最高値となる27.11 °Cを記録し, その温度差は19.63°Cであった。一方, 湿度は2月に最低値となる58.7 %, 8月に最高値となる79.9 %を記録し, 変動差は21.2 %であった。

最後に, 大気圧の月別平均値, およびデータ取得率をFig. 22示す。大気圧計 (PTB100A ヴァイサラ(株)) は観測塔小屋内に設置されている。冬季に高く, 夏

季になると低くなる季節変動を有しており、最低値は7月の1007.2 hPa、最高値は1月の1021.0 hPaであった。

4. 顕著気象じょう乱時の観測時系列データ

解析を行った2007年1月から2009年12月までの間に発生し顕著な気象じょう乱となった、2007年7月に来襲した台風4号（MAN-YI），および2009年10月に来襲した台風18号（MELOR）来襲時の観測時系列データを示す。ただし、図面の作成において、有義波高、有義波周期は20分毎の解析値（1時間に3データ）、また、風速、風向、大気圧、潮位、水温については、10分平均値（1時間に6データ）を用いることとした。

4.1 2007年7月台風4号（MAN-YI）

台風4号（MAN-YI）の経路をFig. 23に示す。台風4号は、2007年7月4日カロリン諸島近海で発生した。13日には沖縄本島西海上を北上し、14日に鹿児島県大隅半島に上陸した。台風はその後四国沖を通過し、本州南海上を東進し、16日に本州東海沖にて温帯低気圧となった。

日本に接近した2007年7月12日～16日まで（計5日間）の有義波高、有義波周期、風速、風向をFig. 24に示す。表示期間中における最大有義波高は、台風が田辺湾に接近した7月15日2:20に7.20 mを観測した。

一方、最大有義波周期は、台風が沖縄本島西海上に位置していた、7月13日4:00に16.16 sを観測した。最大風速については、7月14日22:20に21.06 m/s（南東風）を観測した。

次に、大気圧、潮位、海水温をFig. 25に示す。大気圧の最低値は7月15日4:00に973.46 hPaを記録し、このときの潮位偏差は0.86 mであった。ただし、潮位データについては、台風通過後においても天文潮位の値と一定の差が生じていることから、通過後のデータについてはシフトしていると考えられる。ま

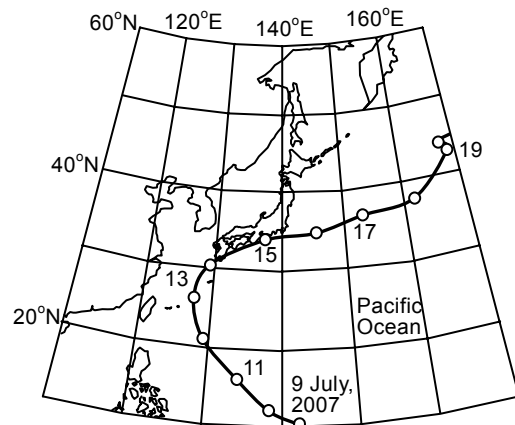


Fig. 23 Typhoon track of MAN-YI (T200704)

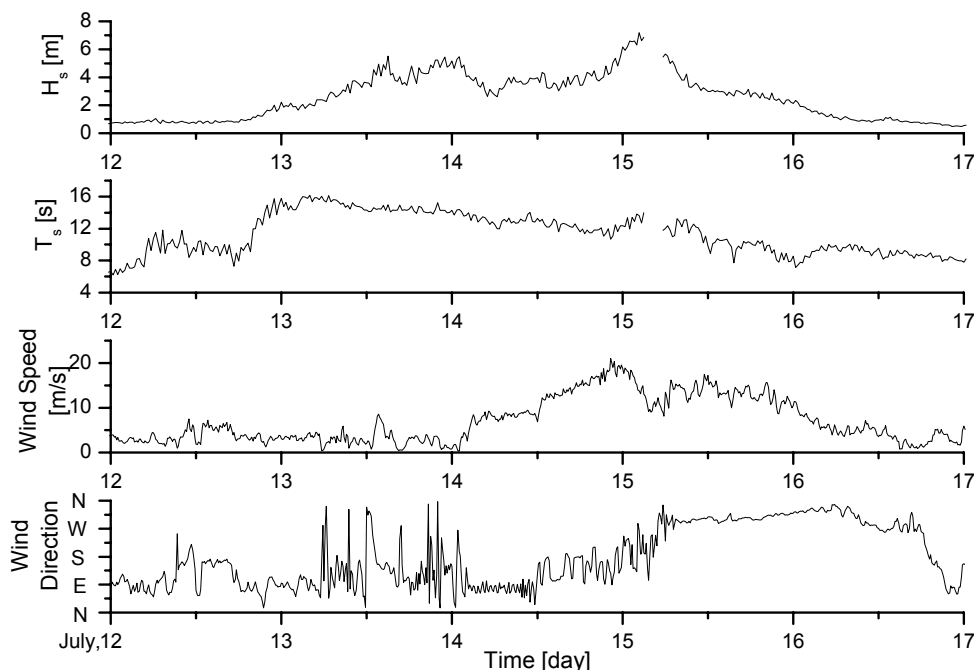


Fig. 24 Time series data of significant wave height, significant wave period, wind speed and wind direction (Typhoon MAN-YI)

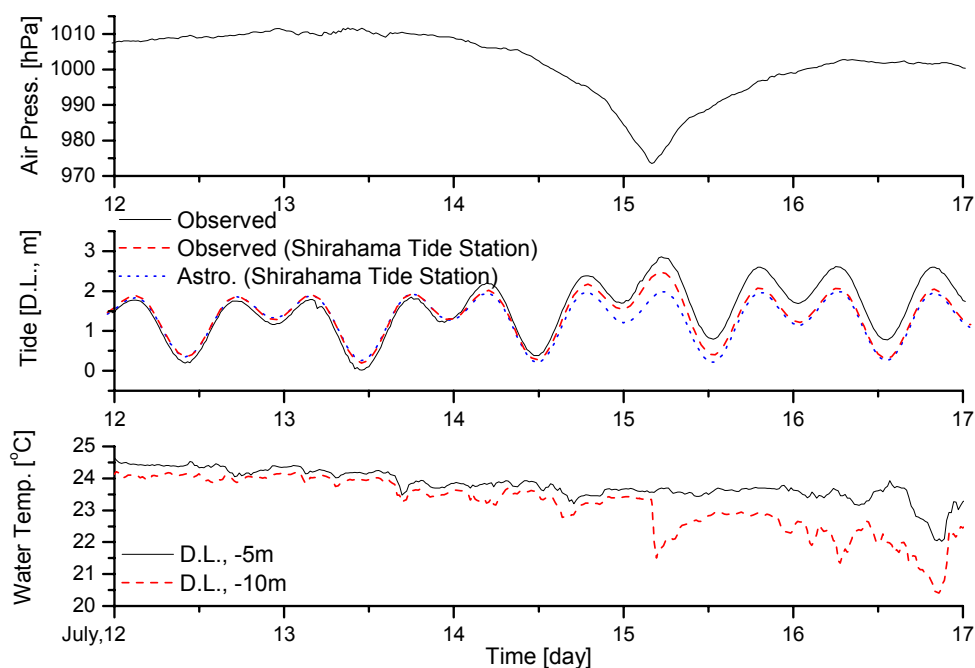


Fig. 25 Time series data of air pressure, tide levels and seawater temperatures (Typhoon MAN-YI)

た、台風接近時、D.L., -10 mに設置されている水温計において、1.85 °Cの急激な水温低下が見られた。

このときの潮位偏差は0.49 mであった。また、台風の最接近に合わせて、D.L.,-5 m, および -10 mに設置された水温計で約0.45 °Cの水温低下が見られた。

4.2 2009年10月台風18号 (MELOR)

台風18号 (MELOR) の経路をFig. 26に示す。台風18号は、2009年9月30日にマーシャル諸島近海で発生した。10月6日に沖縄本島東海沖北上し、10月7日に本州紀伊半島に接近した。台風は紀伊半島東岸沖を進み、8日早朝に愛知県知多半島に上陸した。その後、本州を北東に縦断し、東北東海上にて温帯低気圧となった。

日本に接近した2009年10月5日～9日まで (計5日間) の有義波高、有義波周期、風速、風向をFig. 27に示す。表示期間中における最大有義波高は、台風が田辺湾に接近した10月7日22:20に4.72 mを観測した。最大有義波周期についてもほぼ同時刻となる、10月7日22:40に17.43 sを観測した。最大風速については、10月8日3:50に28.03 m/s (北西風) を観測した。

次に、大気圧、潮位、海水温をFig. 28に示す。大気圧の最低値は10月8日1:40に971.69 hPaを記録し、

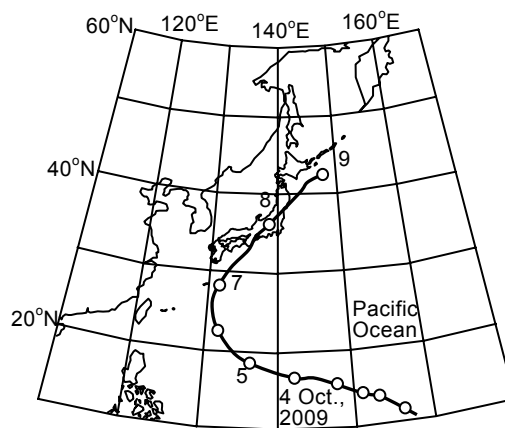


Fig. 26 Typhoon track of MELOR (T200918)

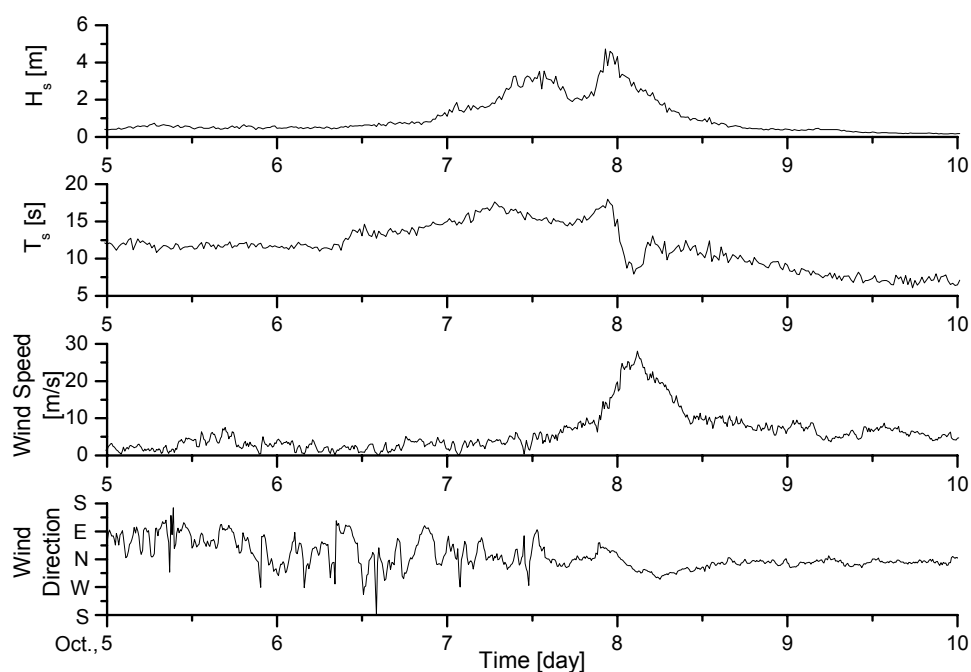


Fig. 27 Time series data of significant wave height, significant wave period, wind speed and wind direction (Typhoon MELOR)

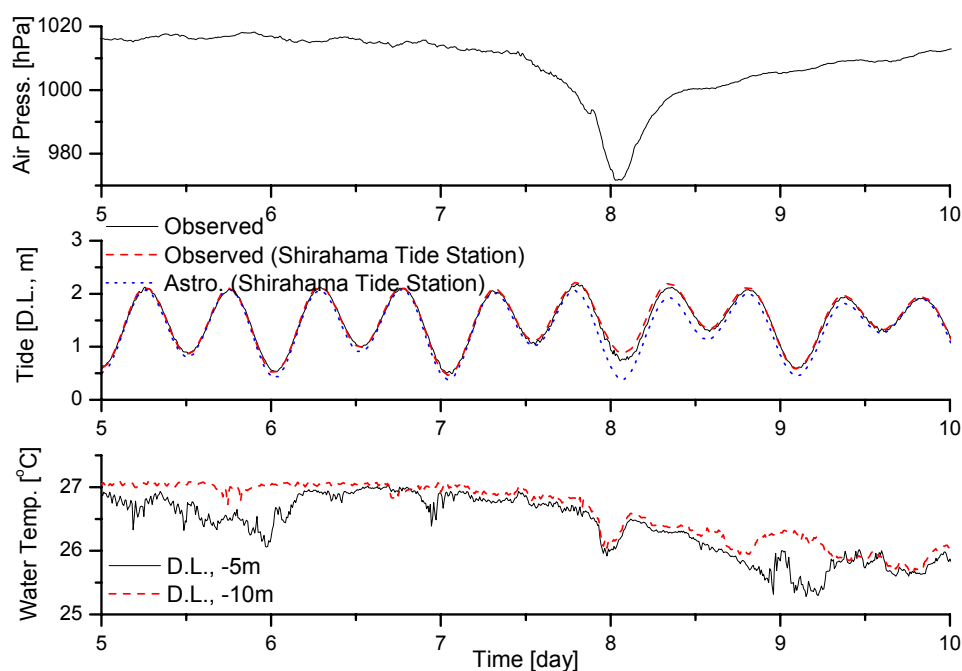


Fig. 28 Time series data of air pressure, tide levels and seawater temperatures (Typhoon MELOR)

5. おわりに

和歌山県田辺湾口に立地する田辺中島高潮観測塔にて観測された、2007年1月から2009年12月までの3

年間の気象海象データを用いて統計処理を行い、季節変動、および頻度分布について検討した。

本報告に取りまとめられた気象海象統計値、あるいは気象じょう乱時の気象海象時系列データの成果

が、今後の気象・海洋に関する研究等に用いられれば幸いである。

謝 辞

本解析データは、田辺中島高潮観測塔にて芹沢重厚元助教、米田格技術職員を始めとした観測所勤務の職員の尽力により取得されたものである。ここに感謝の意を表する。

参考文献

- 国司秀明・西 勝也・鈴木 徹 (1967) : 田辺湾における海況変動の観測, 京都大学防災研究所年報, No. 108, pp. 305-311.
- 田中祐志・芹沢重厚・吉岡 洋・山下隆男・加藤 茂・山根 猛・土井 崇・菅原 亘 (1999) : 田辺湾における海象, 水質およびプランクトン個体数の観測 (1998年) : TOO+WAP98, 京都大学防災研究所年報, 第42号B-2, pp. 415-419.
- 中村重久・芹沢重厚 (1987) : 白浜海洋観測塔周辺海域に対する台風8506号の影響, 京都大学防災研究所年報, 第30号, B-2, pp. 695-710.
- 中村重久・芹沢重厚 (1994) : 白浜海洋観測塔とその周辺の海象長期変動, 京都大学防災研究所年報, 第37号, B-2, pp. 881-890.
- 仁木将人・山下隆男・芹沢重厚・山口弘誠・福神和興 (2004) : 田辺湾における夏季成層時の海水交換過程, 海岸工学論文集, 第51巻, pp. 896-900.
- 水谷法美・吉田達哉・番場豊和 (2001) : GPVを利用した海上風の数値計算と観測資料に基づく風と波の相関に関する研究, 海岸工学論文集, 第48巻, pp. 206-210.
- 吉岡 洋・芹沢重厚・高山知司・田中祐志 (1998) : 夏季田辺湾における内部急潮による海水交換, 海岸工学論文集, 第45巻, pp. 456-460.
- Shimada, S., Ohsawa, T., Serizawa, S. and Yoneda, I. (2009): Characteristics of Offshore Winds at Shirahama Oceanographic Observatory, Proc. 19th Int. Offshore and Polar Engineering Conf., pp.424-428.
- Sugihara, Y., Tsumori, H., Ohga, T., Yoshioka, H. and Serizawa, S. (2007): Variation of whitecap coverage with wave-field conditions, J. Marine Systems, Vol. 66, pp. 47-60.

Three-year Statistics of Meteorological and Oceanographic Variables at Tanabe-bay, Wakayama (2007-2009)

Takayuki SUZUKI*, Teruhiro KUBO and Yasunori MUTO

* Department of Civil Engineering, Yokohama National University

Synopsis

Three-year meteorological and oceanographic variables are analyzed by using the data observed at the Tanabe-Nakashima oceanographic observation tower. The tower is settled at the mouth of the Tanabe bay, Wakayama. The results indicated that in the winter season, the dominant wind direction was the north-northwest, and wave periods were mostly less than 11 s. In the summer season, the dominant wind directions were the east and south, and the percentage of the wave periods larger than 11 s became larger than the winter season. Also, meteorological and oceanographic variables during extremely sever sea status, which are during typhoon MAN-YI (2007. 7) and typhoon MELOR (2009. 10), are presented.

Keywords: Tanabe-Nakashima oceanographic observation tower, seasonal change, meteorology, oceanography, field data