

長期波浪観測データからみた 2004 年の台風による日本沿岸の高波特性

Characteristics of Extreme High Wave in 2004 Based on Long Term Wave Data

李在炯*・永井紀彦**・清水勝義***・額田恭史****

LEE Jae Hyeng, NAGAI Toshihiko, SHIMIZU Katsuyoshi, and NUKADA Kyoushi

* (財) 沿岸技術研究センター 波浪情報部 主任研究員

** (独) 港湾空港技術研究所 海洋・水工部長

*** (独) 港湾空港技術研究所 海洋・水工部 海象情報研究室長

**** (株) エコー 沿岸デザイン本部 海象解析部 課長

Japanese coastal wave observation system, named as NOWPHAS (Nationwide Ocean Wave information network for Ports and HARbourS), started in 1970 and wave data has been observed during last 35years. Along the observation period, more than 20 stations recorded each historical highest significant wave during 2004. Especially, typhoon No.0416, 0418 and 0423 continuously caused severe storm surge disaster. This paper introduced analyzed results of long-term wave data observed in Japanese coasts and the characteristics of extreme high wave in 2004.

Key Words : NOWPHAS, high wave, long-term, typhoon, 2004

1. はじめに

日本沿岸におけるネットワーク波浪観測網であるナウファス(全国港湾海洋波浪情報網)の運用が、運輸省(現国土交通省)港湾局関係機関により、1970年に開始された。観測点によっては35年に及ぶ観測データが蓄積されており、日本沿岸における各種の波浪統計の精度と信頼性は向上されつつある^{1),2)}。

一方、2004年には、本土上陸台風数が10個にも及び、

特に、台風0416号、0418号および0423号は、全国沿岸に顕著な高波災害をもたらした³⁾⁴⁾。そこで本報は、ナウファスの長期波浪観測データからみた上記台風による日本沿岸の高波の傾向と特徴について、整理するとともに、高波災害の原因究明と対策に資することをめざすものである。本稿では、全国港湾海洋波浪情報網(ナウファス)の56観測点で得られた記録を使用した。これらの波浪観測地点は、観測期間が35年のものから最近設置された新規観測地点のものまでである。

表-1 2004年に更新された既往最大有義波

地 点 名	水 深 (m)	設置位置		最大有義波		発 生 日	発 生 要 因	観測期間 (2004年まで)	波高測得50% 以上の年数
		緯度(北緯)	経度(東経)	H1/3(m)	T1/3(s)				
留萌	-49.8	43°51'59"	141°28'07"	7.83	10.6	04年 9月 8日	台風0418号	70.01～現在	33ヶ年
深浦	-51.0	40°39'34"	139°54'42"	10.36	14.5	04年11月27日	冬型気圧配置	79.12～現在	23ヶ年
酒田	-45.9	39°00'31"	139°46'45"	10.65	13.8	04年11月27日	冬型気圧配置	70.01～現在	34ヶ年
富山	-20.0	36°46'40"	137°12'18"	6.75	8.3	04年10月20日	台風0423号	02.09～現在	2ヶ年
伏木富山	-46.4	36°49'15"	137°04'29"	6.53	8.4	04年10月20日	台風0423号	99.09～現在	5ヶ年
柴山(港内)	-11.1	35°39'32"	134°39'58"	2.60	9.4	04年10月20日	台風0423号	00.09～現在	4ヶ年
境港	-12.0	35°31'56"	133°16'36"	3.22	10.8	04年10月21日	台風0423号	96.12～現在	8ヶ年
玄界灘	-39.5	33°56'02"	130°28'05"	8.03	9.7	04年 8月30日	台風0416号	83.08～現在	20ヶ年
名瀬	-54.6	28°27'07"	129°31'18"	8.44	11.6	04年 8月29日	台風0416号	77.03～現在	26ヶ年
紋別(南)	-52.6	44°19'04"	143°36'25"	7.16	10.5	04年 1月14日	冬型気圧配置	00.10～現在	4ヶ年
八戸	-27.7	40°33'39"	141°34'06"	6.89	11.5	04年12月 5日	南岸低気圧	71.01～現在	33ヶ年
第二海堡	-28.8	35°18'13"	139°44'52"	2.18	5.9	04年12月 5日	南岸低気圧	91.01～現在	14ヶ年
伊勢湾	-26.9	34°55'12"	136°44'25"	3.13	6.8	04年 8月31日	台風0416号	02.03～現在	3ヶ年
潮岬	-54.7	33°25'59"	135°44'50"	10.22	15.7	04年10月20日	台風0423号	70.08～現在	32ヶ年
小松島	-20.8	34°02'24"	134°38'37"	4.22	7.4	04年 6月21日	台風0406号	96.12～現在	8ヶ年
室津	-26.8	33°16'16"	134°08'52"	13.55	15.8	04年10月20日	台風0423号	90.08～現在	12ヶ年
室戸GPS	-100.0	33°08'26"	134°12'10"	14.21	16.3	04年10月20日	台風0423号	04.06～現在	1ヶ年
高知	-24.1	33°28'57"	133°35'13"	12.49	16.4	04年10月20日	台風0423号	96.12～現在	8ヶ年
上川口	-27.9	33°01'54"	133°03'29"	6.93	12.3	04年 6月21日	台風0406号	96.12～現在	8ヶ年
細島	-48.3	32°26'36"	131°43'42"	11.05	12.3	04年 8月30日	台風0416号	02.03～現在	3ヶ年
志布志湾	-36.2	31°25'02"	131°06'36"	9.03	12.8	04年 8月30日	台風0416号	80.04～現在	25ヶ年
鹿児島	-24.1	31°33'20"	130°34'21"	4.09	7.0	04年 9月 7日	台風0418号	90.03～現在	14ヶ年
中城湾	-39.6	26°14'32"	127°57'55"	11.93	13.6	04年10月19日	台風0423号	73.11～現在	30ヶ年

2. 長期観測における既往最大有義波

表-1 に、2004 年に更新された既往最大有義波の諸元とその観測点の情報、観測日時および気象要因を示す。

表-1 からわかるように、既往最大有義波は、2004 年に 23 地点で観測されており、これまでに観測されたことのない高波が多く観測されたことを示している。その発生要因をみると、23 地点のうち 18 地点が台風によるものであり、2004 年は台風による記録的な高波が多発した特徴的な年であったことが分かる。なお、1991 年以降の観測データに対しては、海底水圧センサーの記録から有義波高が補足計算されるようになり⁵⁾、高波浪状況における波浪の測得状況が大きく改善された。海底水圧センサーの記録から有義波高が補足計算される前の従来データと比較する際には注意する必要がある。

3. 2004 年の一連の台風による沿岸波浪の概要

図-1 は、台風 0416 号、0418 号および 0423 号の経路を示したものである。経路図上の黒点は、毎日 2 回（日本時間 9:00 と 21:00 の 12 時間毎）の台風中心位置を示している。

図-2 および図-3 は、それぞれ、太平洋側および日本海側の代表的なナウファス観測点における、2004 年 8～10 月の有義波高・周期の経時変化である。横軸に時間を、縦軸に 2 時間毎の有義波高と有義波周期を示しており、太線が有義波高、細線が有義波周期である。図中に、台風来襲期間も示している。

地点によって観測期間（従って統計期間）が異なる点には注意が必要であるが、表-1 のように多くの観測点で、2004 年の台風により既往最大有義波高が更新されたことが特筆される。台風 0423 号によって室戸沖 GPS ブイおよび室津港ナウファス波浪計が観測した有義波高 14.21m および 13.55m という値は、ナウファス全観測地点を通じて既往最大有義波であった。また、鹿児島港では、台風 0416 号、0418 号と、相次いで既往最大観測有義波高が更新された。ナウファスの最北に位置する留萌でも、1970 年に集中処理を開始して以来の既往最大有義波高が観測された。このように、2004 年の一連の台風は、広範な沿岸域にわたって、記録的な高波をもたらした。

4. 台風 0416 号による高波特性

台風 0416 号は、8 月 29 日昼頃、奄美大島に最接近した後、進路を北東に変え、鹿児島に上陸した。その後、西日本を縦断し、日本海を通過して、北海道に再上陸し、紋別付近からオホーツク海に抜けた。表-1 に示すように台風 0416 号により多く観測点で既往最大有義波高が記録された。台風が日本の南海上を北西に比較的ゆっくり

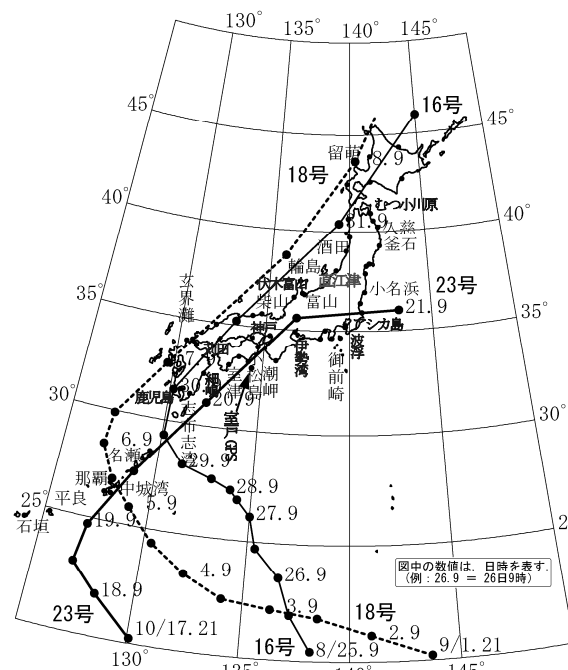


図-1 台風経路図

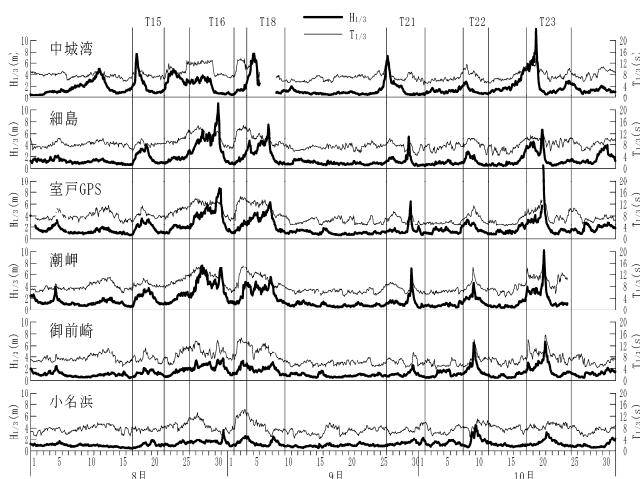


図-2 太平洋側の有義波経時変化
(中城湾・細島・室戸沖 GPS・潮岬・御前崎・小名浜)

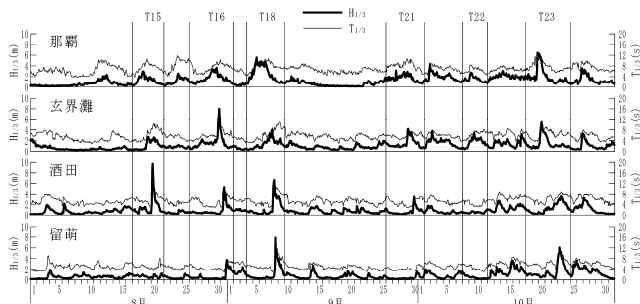


図-3 日本海側の有義波経時変化
(那覇・玄界灘・酒田・留萌)

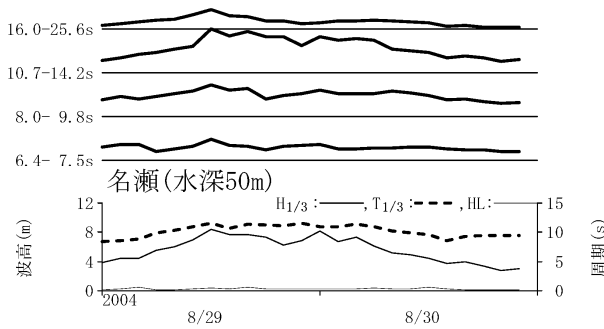


図-4 周期帯波高経時変化 (名瀬, 台風0416号)

り進む過程で、うねりが発達したため、高波期間が比較的長くなったのが、この台風による波浪の特徴である。

図-4は、名瀬におけるスペクトル解析結果を、周期帯波高経時変化図として示したものである。図中のHLは、周期30s以上の長周期成分波高であり、周期帯波高に対応する折れ線は、有義波高表示図と同じスケールである。有義波高が5mを超える8月29日4時頃から30日4時頃にかけて、周期10～15sの範囲の成分波高が最も高く、この部分の周期帯エネルギーが主たる波浪エネルギーであったことがわかる。これに加えて、有義波高が極大となる29日12時には、周期15～30sのより長周期成分波高も極大値を示している。有義波高は、この後少し下がってから、30日0時に再び極大値を示したが、この時も周期10～15sの範囲の成分波高が最も高かった。これは、奄美大島の北の海上で台風が転向したことによる。すなわち、前者の時点では、台風が近づいてくる際に発達した東からの波浪が主であったのに対して、後者の時点では、台風が遠ざかる際の吹き返しとしての北からの波浪が主であったと考えられる。

5. 台風0418による高波特性

台風0418号は台風0416号の進路の300kmほど西側、200kmほど北側をほぼ平行に、九州から北海道まで進んだ。この台風は、南北に離れた鹿児島と留萌の両観測点において、既往最大有義波高を更新している。

図-5に、留萌におけるスペクトル解析結果を、周期帯波高・波向の経時変化図として示す。強い勢力を保った台風が速い速度で接近したことによると思われる影響により、9月8日10時の有義波高1m以下から、急速に波が発達し、4時間後の8日14時には最大有義波高となった。この後、外洋からの継続的な波浪によるものと思われる影響により、波浪の減衰は、発達に比べて緩やかであった。周期帯毎に見ると、12時でまず周期10s以下の短周期成分から発達が始まり、14時には周期10s以上の長周期成分も急発達した模様である。

図-6に、台風0418号来襲時、鹿児島・荻田・神戸・伊勢湾・アシカ島の各内湾観測点における、有義波高の経時変化を示す。太平洋沿岸では、外洋から遮蔽された

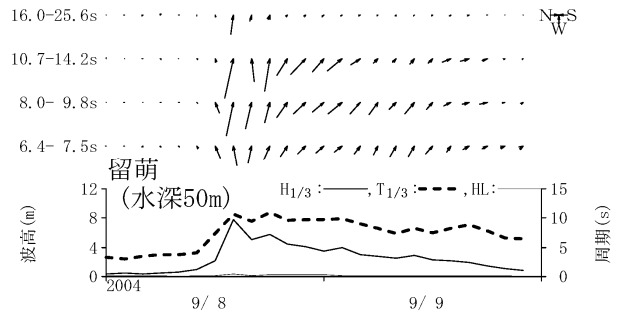


図-6 周期帯波高経時変化 (留萌, 台風0418号)

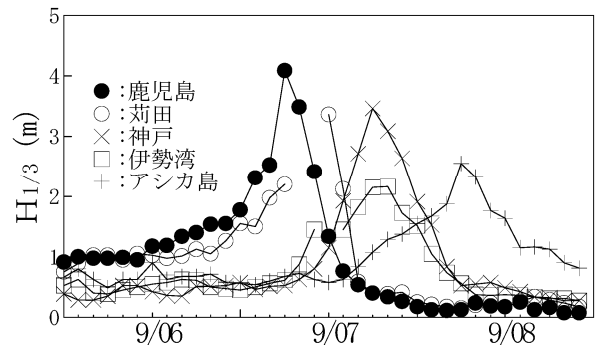


図-6 内湾観測点の有義波高 (台風0418号)

内湾の観測点でも、高波が、台風の移動に伴って、西から東へ伝播している。荻田では、ピーク時近傍の9月7日8時と10時の観測が欠測したため、9月7日12時の有義波高3.36mが最大値であった。この値は既往の最大値である台風9918号に伴う有義波高3.46mは更新しなかったが、既往2位の観測記録となった。神戸で、7日18時に観測された有義波高3.46mは、既往最大の台風9313号による有義波高3.77mに近い値であった。

内湾の観測点では、外洋に面した観測点とは異なり、一般に波浪の発達・減衰が急速であり、高波浪状態の継続時間は比較的に短いという特徴がある。これは、内湾では、波浪の来襲方向と吹送距離が限られており、台風の移動とともに風向が変化するため、波浪の発達が長時間継続しにくいためである。このため、2時間毎の観測を標準とする現行の波浪観測システムでは、極大値を十分に把握できない懸念が高い。これについては、現在、20分ごとに連続的に波浪観測を行うシステムへの改良が進められている⁶⁾。

6. 台風0423による高波特性

台風0423号は、沖縄本島の南西約300kmの海上で転向した後、北東に直進した。沖縄本島付近を通過した後、高知県室戸岬付近、大阪湾を通過し、本土に上陸した。台風の規模が非常に大きく、かつ数多くの太平洋沿岸の港湾近くを通過したため、中城湾・高知・室津・小松島・潮岬・柴山港内・伏木富山・富山の各ナウファス観測点

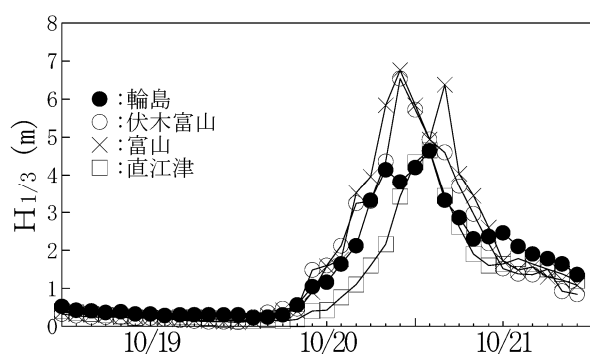


図-7 富山湾内外の有義波高 (台風 0423 号)

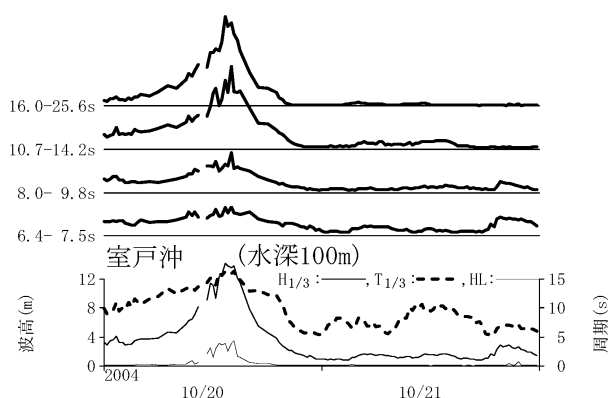


図-8 周期帯波高経時変化 (室戸沖 GPS, 台風 0423 号)

において、それまで観測された既往最大有義波高を更新した。特に 10 月 20 日 14 時に室津港沖水深 27m で記録した、有義波高 13.55m、有義波周期 15.8s という値は、ナウファスの全地点を通じて既往最大の海底設置式波浪計による観測有義波高となった。なお、室戸岬沖水深 100m に設置された GPS ブイも、14:20 に最大有義波高 14.21m、有義波周期 16.3s を記録していることから、これらの観測値は信頼性が高いと考えられる。

図-7 は、富山湾内外の有義波高の経時変化を示したものである。日本海側でも、この台風の最接近時に降急速に波浪が発達した。特に富山湾で顕著であり、伏木沖の海象計で 20 日 22:00 に有義波高 6.53m、富山沖の海象計で、やはり 20 日 22:00 に有義波高 6.75m という既往最大値を観測している。

これらの値は、富山湾外のナウファス観測点である輪島 (21 日 2:00 : 有義波高 4.63m) や直江津 (21 日 2:00 : 有義波高 4.66m) よりも早い時間に高い波浪となっていることが注目される。これは、台風最接近後に風向が急変した際、富山湾の開口方向である北東方向からの波浪が急速に発達したためと考えられる。なお、輪島・直江津の両観測点では、北東からの波は、地形による遮蔽を受け、発達しにくい環境にある。

図-8 は、室戸沖 GPS ブイによって観測された、台風通過前後の周期帯波高経時変化を示している。室戸沖では、周期 15s 以上の長周期成分のエネルギーが支配的であっ

たとえられる。なお、室戸沖 GPS ブイは、ナウファスの他の観測点とは異なり、海面変動記録のサンプリング間隔が 1 秒の切れ目もない連続観測を行っていたため、20 分毎に連続した波浪諸元の解析が可能であった。

7. おわりに

ナウファスの蓄積された膨大な長期波浪観測データから、特に近年、多くの観測地点で既往最大有義波高が更新されるなど、高波による被害をもたらす波浪の発生が確認できた。

特に 2004 年は台風の来襲による高波浪の出現が特徴的だったことから、2004 年に来襲した一連の台風がもたらした高波について、発生状況や特性などをナウファスの観測データを用いて調査した。これらの調査結果は、沿岸における高波災害の原因究明や、今後の防災対策への貢献が期待できる。

参考文献

- 1) 永井紀彦：全国港湾海洋波浪観測 30 年統計 (NOWPHAS 1970-1999), 港研資料 No.1034, 336p., 2002.
- 2) 永井紀彦・里見茂：全国港湾海洋波浪観測年報 (NOWPHAS 2004), 港空研資料, No.1118, 89p. (CD-ROM 添付) (1970 年から 2003 年までの各年の波浪観測資料も、同資料, No. 137, 158, 178, 209, 233, 258, 282, 311, 332, 373, 417, 445, 480, 517, 545, 574, 612, 642, 666, 712, 721, 745, 770, 796, 821, 859, 894, 926, 951, 988, 1017, 1041, 1069, 1094 として既刊), 2006
- 3) 永井紀彦・里見茂：2004 年台風による高波の観測結果 (NOWPHAS 2004 特別号), 港空研資料, No.1100, 65p., 2005
- 4) 永井紀彦・里見茂・額田恭史・久高将信・細沼克弘・藤田孝：観測データに基づく 2004 年の台風による我が国沿岸の高波特性, 海岸工学論文集, 第 52 巻, 土木学会, pp. 151-155, 2005.
- 5) 橋本典明・永井紀彦・浅井正・菅原一晃・朴慶寿：波浪の多方向性と弱非線形性を考慮した水圧波から表面波への換算法について, 港研報告第 32 巻第 1 号, pp. 27-51, 1993.
- 6) 永井紀彦・小川英明・額田恭史・久高将信：波浪計ネットワークによる沖合津波観測システムの構築と運用, 土木学会, 海洋開発論文集第 20 巻, pp. 173-178, 2004.