

富士海岸における台風0422・0423号 来襲時の波浪の発達特性

CHARACTERICS OF OCEAN WAVES DEVELOPMENTS ON FUJI COAST CASUSED BY TYPHOON 0422 AND 0423

永井健二¹・芥川哲¹・桜庭雅明²・倉田貴文³・蛭田啓久³
Kenji NAGAI, Satoshi AKUTAGAWA, Masaaki SAKURABA,
Yoshifumi KURATA and Hirohisa HIRUTA

¹非会員 国土交通省 沼津河川国道事務所 (〒410-8569 静岡県沼津市下香貫外原3422-2)

²正会員 博(工) 日本工営株式会社 大阪支店 (〒550-0004 大阪府大阪市西区靱本町2-3-2)

³正会員 修(工) 日本工営株式会社 河川・水工部 (〒102-8539 東京都千代田区麹町5-4)

Fuji Coast (the distance of coast line 19km) is located at the northPart of Suruga Bay. Fuji Coast has been damaged by ocean waves and storm surge caused by the typhoon and the strong atmospheric low pressure system. Recently, Fuji coast was damaged by the typhoon 0422 (Ma-on) and 0423 (Tokage). This paper presents the characteristic of ocean wave developments on Fuji coast caused by the typhoon 0422 and 0423. In order to investigate the relation between the pressure, the wind and the wave, the field survey data were analyzed. In order to show the time history of the characteristics of the wave development, the third-generation wave model (SWAN) was applied. The numerical results can be shown the characteristic of typhoon 0422 and 0423.

Key Words : typhoon 0422 and 0423, Fuji Coast, ocean wave development, SWAN

1. はじめに

富士海岸は駿河湾の湾奥に位置し、富士川河口から沼津市千本浜に至る約19kmの海岸である。海底勾配は1/3～1/10程度と極めて大きい。また、駿河湾が開放性の高い湾であることから、外洋からの波浪が侵入しやすく減衰することなく発達する特性を持っていると考えられる。このため、これまで台風来襲による沿岸域での被害が多く発生している。

富士海岸における代表的な災害としては、1966年に来襲した台風6626号のよる越波浸水被害による災害、及び1979年に来襲した台風7920号による災害があげられる¹⁾。これらの災害は、当時の被災状況及び波浪・潮位の一部の記録が残されているが、台風の経路や中心気圧に応じた波浪の発達状況が明確されていなく、現在においても富士海岸における台風来襲時における波浪の発達特性は不明である点が多い。また、その後来襲した台風においても台風特性と波浪特性の関連性を整理した資料は存在していない。

一方、2004年においては台風0422号及び台風0423号が駿河湾周辺を通過し、富士海岸に高波浪が来襲しており、沿岸部での被災が生じている。台風0422号及び0423号においては、気象・海象に関する資料が比較的揃っており、台風と波浪に関する特性について検討を進めることができると考えられる。

そこで本研究では、富士海岸における台風来襲と波浪の発達特性の関連性を検討することを目的として、最近来襲した代表的な台風である台風0422号及び台風0423号の波浪の発達特性と富士海岸の被災状況に関する考察を報告するものである。台風及び波浪の発達状況及びその特性については周辺の気象・海象状況を整理し、その考察を述べるものとする。また、台風の発達経路とそれに伴う波浪の発達状況を時系列的に検討することを目的として、第3世代波浪推算モデルSWAN²⁾による波浪の再現計算を実施し、当該地域周辺での波浪発達状況の再現性に関する評価を行い、波浪推算モデルの妥当性と課題に関して述べるものである。

2. 台風0422号・0423号の特性

(1) 台風経路及び中心気圧

台風0422号及び台風0423号の経路及び中心気圧を図-1に示す。台風0422号は2004年10月4日にフィリピンの東の海上で発生し、10月8日3時には沖の鳥島の西海上で中心気圧920hPa、最大風速50m/sまで発達した。その後も非常に強い勢力を保ったまま、10月9日16時頃に伊豆半島に上陸した。台風の北上に伴い、富士海岸全域では高波が来襲し、田子の浦観測所（国土交通省）では最大波高9.3mを記録した。なお、駿河湾周辺での瞬間最大風速は、御前崎（気象庁）で50m/s、石廊崎（気象庁）で67.6m/s、駿河海岸観測所（国土交通省）では38.8m/sを記録した。

一方、台風0423号は台風0422号の来襲後の2004年10月13日9時にグアム島の北西の海上で発生し、10月16日15時には沖ノ鳥島の南西の海上で非常に強い台風となった。10月16日18時には同海上で中心気圧940hPa、最大風速45m/sまで発達し、18日09時には沖ノ鳥島の西北西の海上で超大型の強い台風となった。その後は強い勢力を保ったまま、19日には向きを北北東に変えて速度を上げ、20日13時頃に高知県土佐清水市付近に上陸した。10月20日18時頃に大阪府泉佐野市付近に再上陸した後、近畿・東海・関東甲信地方を横断し、21日06時には銚子沖に進んだ。駿河湾の北側に10月20～21日に駿河湾の北側に来襲し、最も接近したときの中心気圧は985hPa、最大瞬間風速で36m/s（御前崎）となった。この二つの台風を比べると台風0422号は経路、規模とも駿河湾に大きな外力を起こしたと推定される。

(2) 駿河湾内における気圧・風速の時系列変化

台風0422号及び台風0423号における御前崎、石廊崎（気象庁）及び田子の浦（国土交通省）の風速・気圧の時系列変化を図-2に示す。田子の浦の平均風速の時系列によると台風0422号は10m/s以下と小さいが、台風0423号においては、最大で20m/sに近い値を示している。気圧については台風0422号において最低時で982hPa、台風0423号において最低時989hPaとなり、若干台風0422号の気圧が低い結果となった。一方、石廊崎及び御前崎においては、田子の浦に比べて台風0422号の来襲時に非常に大きな風速を観測している。また、台風0423号来襲時には、田子の浦とほぼ同様の傾向となっている。

以上のことから、駿河湾内での風速は台風0422号の場合において、湾の南側で風が発達し、台風0423号では、湾奥での風が発達していることがわかる。これは、図-1に示した台風経路からもわかるように、台風0423号は駿河湾の北部を通過し、台風中心から進行方向右側に富士海岸が位置することから、発達した風速場が富士海岸を直撃したものと推定することができる。

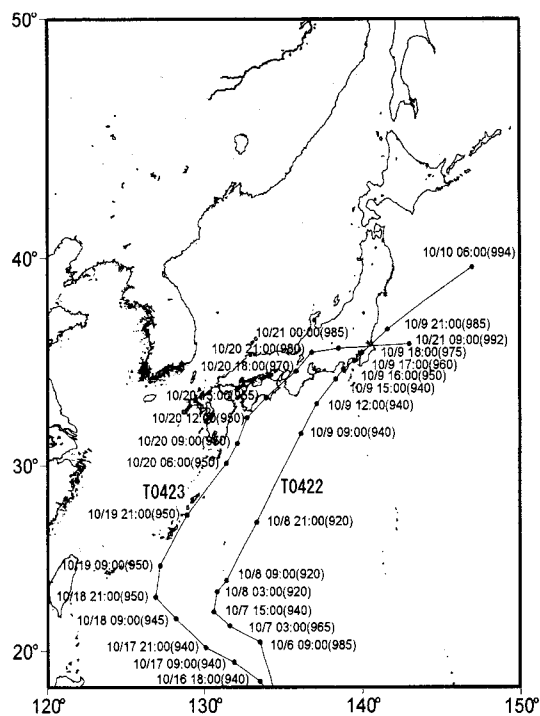


図-1 台風0422号、0423号の経路と中心気圧

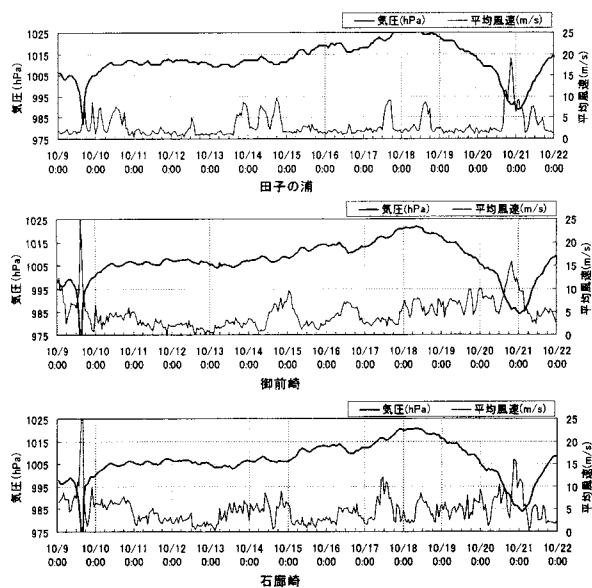


図-2 気圧・風速の時系列

(3) 富士海岸における波浪・潮位の時系列変化

台風0422号及び台風0423号来襲時における田子の浦での波浪、潮位の時系列変化を図-3に示す。台風0422号では最大波高9.3m（最大波）、台風0423号では最大波高10.4m（最大波）が観測された。また、潮位偏差は台風0422号で最大53cm、台風0423号で最大65cmが観測された。周期については、最大波来襲時において台風0423号は比較的短いものとなった。この結果についても風速の時系列と同様に、台風0423号における潮位偏差及び波浪は大きな値となっている。これらの結果からもわかるように、台風の進路により波浪・潮位偏差の発生状況は異なり、当年来襲した両方の台風においては、駿河湾の北側を通

過した場合、台風の進行方向の右側の風が卓越した場合により波浪が発達することが明確となっている。

(4) 富士海岸における台風来襲による被害状況

台風0423号通過後において、富士海岸吉原工区（田子の浦港～昭和放水路付近）では、高波浪の来襲により一部海岸被害が生じている。この工区では、消波ブロックが設置されているが、そのうちの5基が一部散乱する被害を受けている。田子の浦港～昭和放水路の概ね中央の位置にある消波ブロックの被災状況を写真-1に示す。この写真から確認できるように波浪来襲により前面のブロックが沈下・散乱している状況が伺える。また、その東側では、ブロックの背後の海岸において浜崖が形成されており、その状況を写真-2に示す。台風0423号の来襲の影響により、ブロックの沈下・散乱だけではなく、海岸侵食被害が生じており、その影響は背後の堤防直前まで迫っていることがわかる。



写真-2 富士海岸における台風来襲後の浜崖の形成状況
(富士海岸吉原工区)

3. 富士海岸における波浪の来襲状況

台風0422号及び0423号の波浪の特性については、先に述べたとおりであるが、これまで観測された田子の浦の波浪観測データから、最大波高に関して上位10番目までの生起年月日を示したものを表-1に示す。台風0423号は過去20年以上の観測において上位3番目となっており、非常に高い波浪となっていることが確認されている。また、台風0422号は、台風0423号に比べると低い結果となっているが、上位6番目となっており、近年来襲した波浪のなかでは比較的大きな値となっている。

更に、台風0422号、0423号が既往の高波浪と比べてどれくらいの規模であったかを確認するために、これまでの波浪の観測結果から最大波に関して極値統計解析（確率期間30年、ワイブル分布関数により推定）を行った。最大波高に関する再現期間をプロットしたものを図-4に示す。この結果より台風0422号では6年程度及び台風0423号では15年程度の再現期間となった。なお、富士海岸における代表的な被害を与えた台風7920号は約60年の再現期間と推定された。

以上のことから、台風0422号及び台風0423号は2004年に来襲した台風でほぼ連続したものとして1/10年前後のものが続いた異例のものであることがわかる。

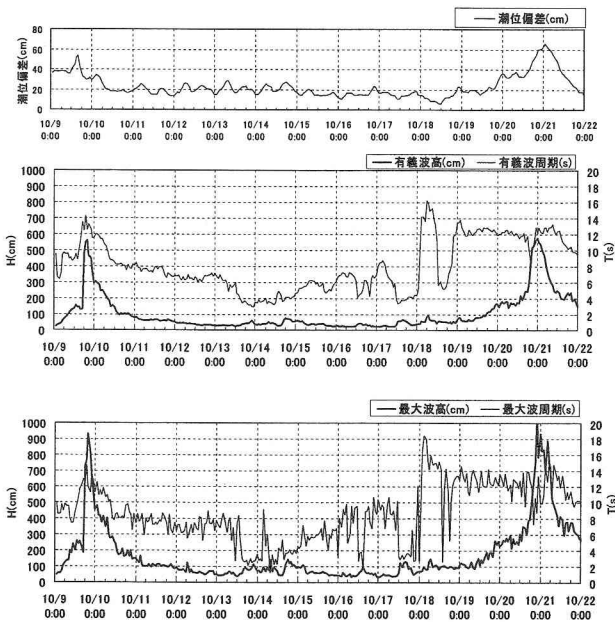


図-3 波浪・潮位偏差の時系列

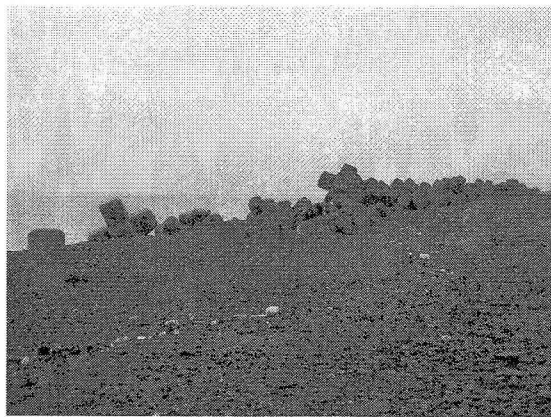


写真-1 富士海岸における台風来襲後のブロック散乱状況
(富士海岸吉原工区)

表-1 富士海岸における上位の高波浪

順位	年月日	波高(m)	周期(s)	発生要因
1	1979/10/19	16.3	14.0	台風7920号
2	1997/6/20	12.1	13.2	台風9707号
3	2004/10/20	10.4	8.8	台風0423号
4	1970/7/20	9.7	8.5	低気圧
5	1969/11/21	9.5	10.9	低気圧
6	2004/10/9	9.3	12.0	台風0422号
7	1997/7/26	9.0	14.0	低気圧
8	1996/1/25	8.9	6.2	低気圧
9	2001/8/21	8.5	15.3	台風0111号
10	1994/1/18	7.8	9.0	低気圧

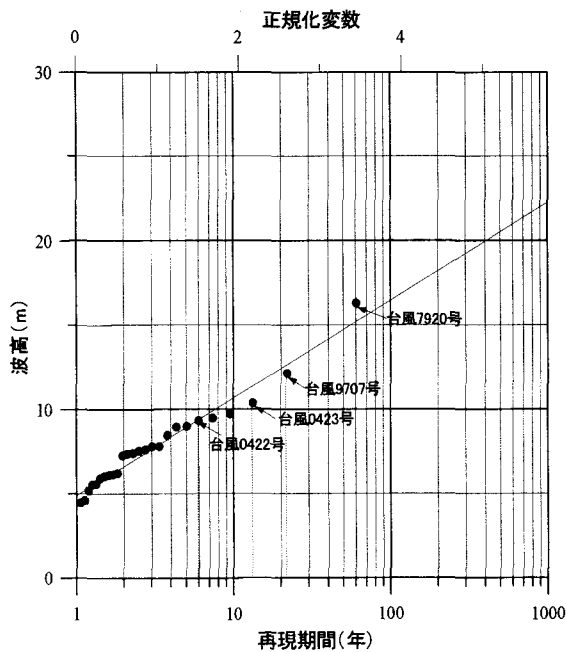


図-4 富士海岸における近年の波浪再現期間

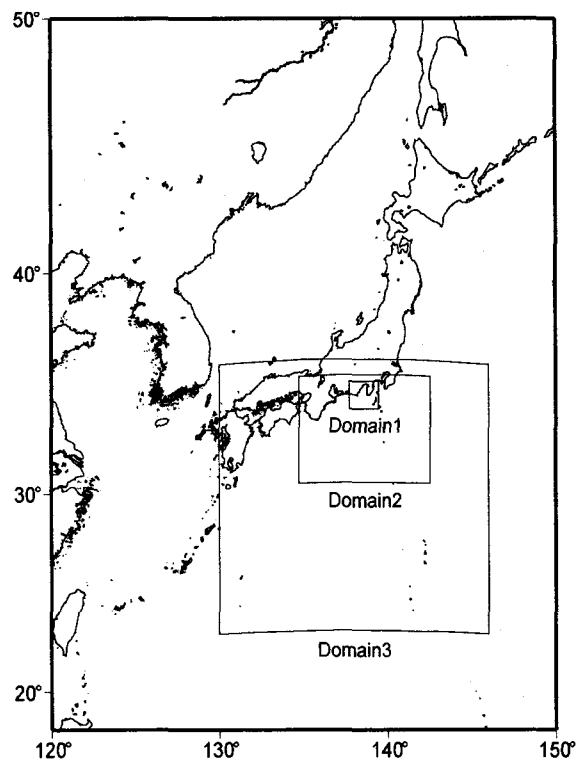


図-5 波浪推算に用いた計算範囲

4. 富士海岸周辺の波浪の再現

(1) 波浪推算モデルによる波浪再現計算

富士海岸に来襲した台風0422、0423号の波浪の発達特性を確認すること及び駿河湾内における平面的な波浪分布特性を考察することを目的として、第三世代波浪推算モデルSWANにより再現計算を行った。SWANのモデルの概要に関しては文献²⁾に詳しいため本論では説明を省略する。計算条件としては、波浪の方向分割数を36、周波数方向の分割数を31とした。風入力に理論にはKomenモデルを採用し、底面摩擦係数にはJONSWAP型を用いた。また、SWANの条件として選択できる4波共鳴、3波共鳴、白波砕波及び浅水砕波の条件は全て考慮した。計算領域は図-5に示すように小領域～大領域でネスティングを行い、小領域での有義波高、有義波周期を評価した。表-2に波浪推算に用いる各計算範囲と用いた格子幅を示す。Domain1においては、 175×125 分割、Domain2においては 150×100 分割、Domain3においては 160×130 分割となる。

SWANにおける波浪推算の入力条件となる風速の計算には、気象庁のGPVデータまたはECMWFのデータ等が良く用いられるが、本検討においては比較的簡便な方法としてSchloemerの式³⁾に基づいて観測値の中心気圧から気圧分布を求め、Blatonの式に基づき左右非対称となる傾度風分布を求めた⁴⁾。また、中心への風の吹き込み角度を 30° とし、傾角を考慮した地上風速を求めた⁵⁾。最大風速半径の設定は観測値として得られている最大風速半径と同等になるように時間的に変化させた。

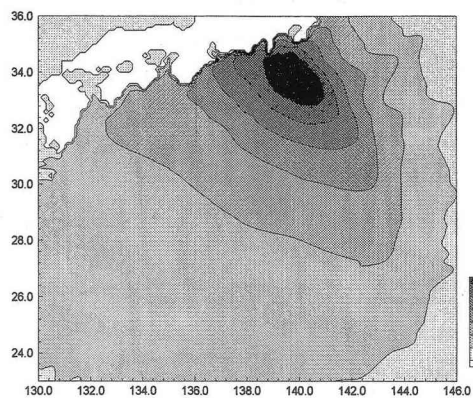
表-2 波浪推算に用いた領域及び計算格子

領域	経度範囲	緯度範囲	計算格子幅
Domain1	137.00° ～ 139.45°	34.00° ～ 36.25°	0.01°
Domain2	135.00° ～ 142.00°	30.50° ～ 35.50°	0.05°
Domain3	130.00° ～ 146.00°	23.00° ～ 36.00°	0.1°

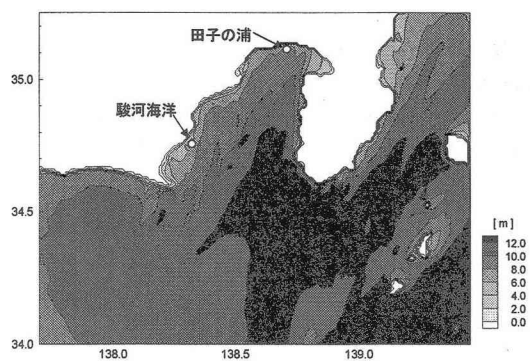
(2) 再現計算結果及び計算結果の妥当性

台風0422号及び台風0423号の来襲時のうち、田子の浦では波高がピークとなる時の有義波高の平面分布(Domain3及び1)を図-6に示す。台風0422号は駿河湾を北上する台風であったため、駿河湾内全体の波高分布が大きくなる傾向となっている。但し、富士海岸付近まではその大きな波高が到達しない傾向となっている。台風0423号は台風経路が駿河湾内を通過したのではなく、湾の北側を東向きに通過したため、外洋での波高は比較的低く、富士海岸付近でも実測とは異なり、若干波高分布が低めに得られていることが見てとれる。

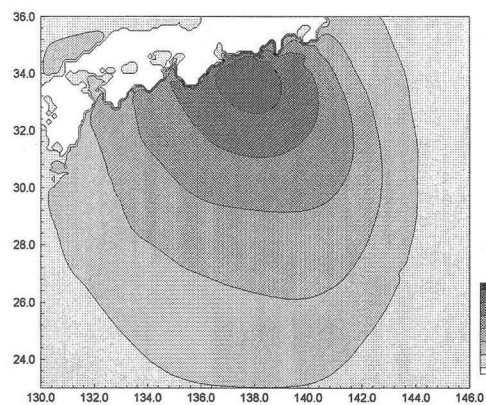
駿河湾内で波浪観測が行われている駿河海洋施設(駿河海岸)及び田子の浦における波高・周期の観測結果と計算結果の比較を示したものが図-7になる。なお、観測施設の概略位置はDomain1の結果に示した。この結果より、台風0422号では波高の傾向は捉えられているが、ピークの値を過大に評価している傾向となっている。周期についても同様であり、ピークでの周期を過大評価する傾向となっている。



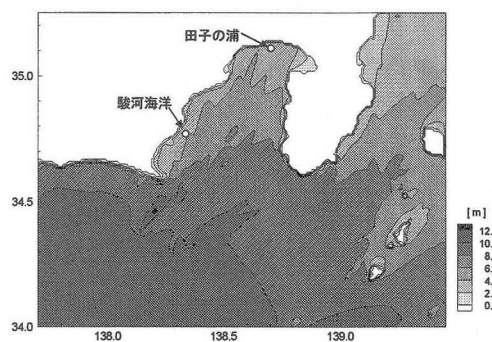
台風0422号Domain3 (2004/10/9 18:00)



台風0422号Domain1 (2004/10/9 18:00)

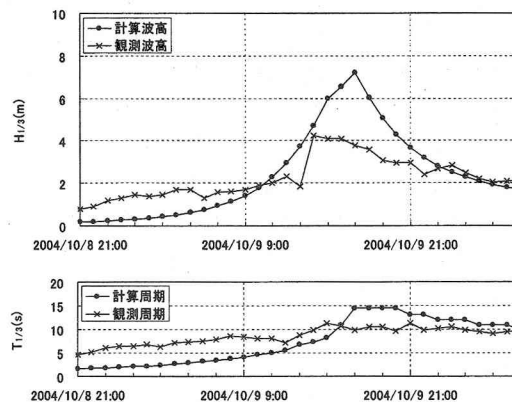


台風0423号Domain3 (2004/10/20 22:00)

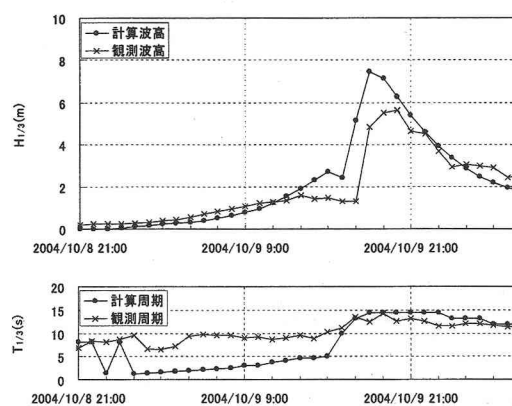


台風0423号Domain1 (2004/10/20 22:00)

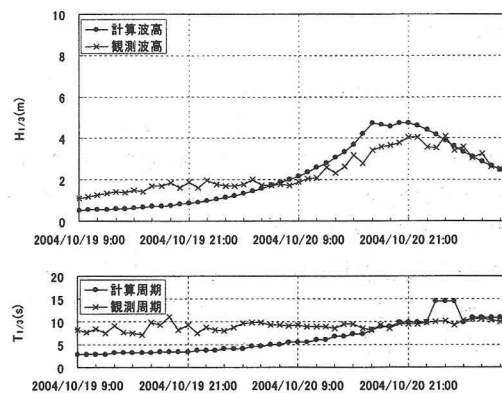
図-6 駿河湾周辺の再現計算結果 (有義波高分布)



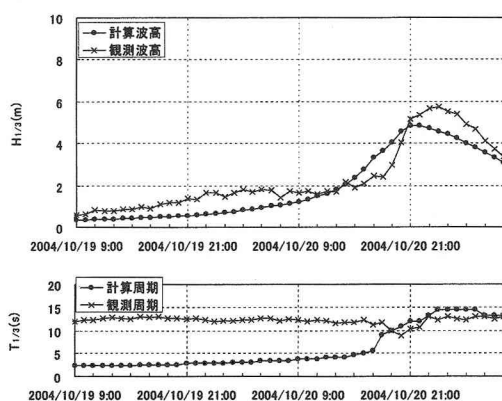
台風0422号：駿河海洋



台風0422号：田子の浦



台風0423号：駿河海洋



台風0423号：田子の浦

図-7 計算結果と観測値との比較

台風0423号の結果においては、駿河海洋及び田子の浦の両方において波高の時系列的な傾向は捉えられているが、周期に関する再現性は低い。特に台風が来襲する約6時間前までの周期は計算結果が過小評価となる傾向が顕著になる。

波浪の計算結果における実測との差異については、計算された風速に伴う波浪の発達完全に表現できていないことが考えられる。周期については、風速が小さい時に実測との差異が大きくなる傾向となっているが、これは本検討で用いた風速場のモデルが台風の気圧勾配による風速を考慮しているのみであり、台風から離れた箇所に対する風速を過小評価することが原因であると考えられる。また、台風0422号の波高が台風0423号より大きくなった原因としては、台風0422号の中心気圧が低いために、計算した傾度風速が台風0423号よりも大きくなり、推算された波浪が大きくなっていることが影響していると考えられる。実際に観測された波浪は台風0423号の方が大きくなっているが、これは、実際の台風経路や海底地形の影響が関係していると考えられる。富士海岸は急勾配海岸であることから、SWANの計算において屈折・浅水変形の影響を考慮しているものの、浅海域での波浪を表現することについては、更に考察を加える必要がある。このため、今後は台風の経路、風速及び当該海岸における急勾配の地形条件の影響の効果を更に詳細に計算と実測の両方で比較することが課題となる。

5. おわりに

本研究では、富士海岸に来襲した台風0422号及び0423号を中心として、その台風に起因した波浪特性と海岸の被害状況について考察した。また、波浪特性を再現するために波浪推算モデルにより、再現計算を行った。その結果、以下のような結論が得られた。

- 台風0422号及び台風0423号に起因した富士海岸の波浪は、過去の観測の中でも相当大きな規模であり、1/10前後の再現期間であると推定される。

- 台風0423号による波浪の規模は台風0422号より大きく、海岸被災も台風0423号に起因したものであった。
- 各台風における波浪の発達状況を波浪推算モデルにより再現した結果、波高の傾向を概ね捉えることができた。但し、周期に対する再現性が低いこと等のモデル上の課題が残されている。
- 富士海岸に最近来襲した台風0422、0423号の波浪特性を実測と計算より検討した結果、台風の中心気圧や最大風速だけでは説明できない発達特性がある可能性があることが確認できた。

今後は、台風経路や富士海岸沿岸の急深な地形の影響（計算格子の地形解像度に関する影響）等を踏まえて特性を検討する予定である。

参考文献

- 1) 沼津工事事務所資料：扇状地河道を漂砂供給源とする富士海岸での土砂異動機構－富士海岸海岸保全計画のために－，建設省中部地方建設局，沼津工事事務所，1998。
- 2) Booij, N.R., R.C. Ris and L.H. Holthuijsen: A third-generation wave model for coastal regions, Part I, Model description and validation, *Journal of Geophysical Research*, Vol. 104, No. C4, pp.7649-7666, 1999.
- 3) Schloemer, R. W.: Analysis and synthesis of hurricane wind patterns over Lake Okechobee., *Florida Hydromet Rep.*, U.S. Weather Bureau, No.31, 49p, 1954.
- 4) Holmbee, J., G.E. Forsythe and W. Gustin: *Dynamic meteorology*, John Wiley and Sons. Inc., pp. 207-209, 1945.
- 5) 藤井 健, 光田 寧：台風による強風の出現確率の予測について－海上風の予測，*自然災害科学*, 11-3, pp.125-144, 1992.