

台風 9918 号による不知火海の高潮と波浪特性

滝 川 清*・田 淵 幹 修**

1. はじめに

1999 年 9 月 24 日, 台風 9918 号が天草諸島を縦断し, 不知火海 (八代海) の湾奥部一帯では, 強風による高潮・高波により広範囲にわたって氾濫した。中でも, 不知火町松合地区では, 海水が一気に低水地内に流入し 12 名もの犠牲者を出した。ところで, このような災害をもたらした不知火海の高潮と波浪の特性については, 実測値もほとんど無く不明な点が多い。そのため, 災害と高潮・波浪との関係も不明で防災対策の根拠付けも不十分となっている。このような実情を踏まえ, 本研究では主として観測記録の解析と数値計算により台風 9918 号による不知火海の高潮・波浪の特性を明らかにしようとするものである。

住民の証言や観測記録によると, 今回の台風に伴う風・高潮・波浪などの現象は, その大きさや生起時刻などに場所による大きな違いがあり, 局地性の強さが特徴の 1 つとしてあげられる。これは, (1) 非常に強い風が観測されているが, 強風域の半径は小さく, 中心付近の気圧分布が詳細にみると複眼的であるなどの台風の特異性 (例えば, 林・滝川・石川, 2000; 田中・滝川ら, 2000) があること, (2) 不知火海南部では水深は約 40~60 m

あるが, 北の湾奥部では, 満潮時でも水深が 2 m 程度にしかならない広大な干潟を有する極浅海であるなど, 特異な海底地形であること, (3) 単調な干拓堤防・道路護岸と出入りのある自然海岸が併存する地形的特性, などが原因と考えられる。本研究では, これらを十分考慮するため, 高潮や波浪の計算においては, 気圧分布や風の再現性に細心の注意を払い, また, 地形の影響をよりよく再現するため, 地形の読み取り間隔や計算での格子間隔も小さく取るなどして, 解析, 検討を行った。

2. 観測記録の解析と検討

2.1 検潮記録の解析

不知火海湾奥部の検潮記録は取られておらず, 牛深, 水俣, 八代, 三角, 熊本港等の検潮記録より潮位変動の解析を行った。各地点の位置を図-1 に示す。

各地点での記録から, 台風が来襲した 9 月下旬は, 少なくとも九州西海岸では, 海洋性の長期にわたる異常潮位上昇が認められる。図-2 には八代港での異常潮位の観測記録からの解析を示す。実測潮位は第四港湾建設局八代港事務所が計測した記録紙から 10 分間隔で読み取り, 天文潮位は八代港での 40 分潮の調和定数を用いた計算により推定した。この潮位の上昇は, 台風前日の 22 日, 23 日の実測潮位と比較すると 15~40 cm ほど高く, 天文

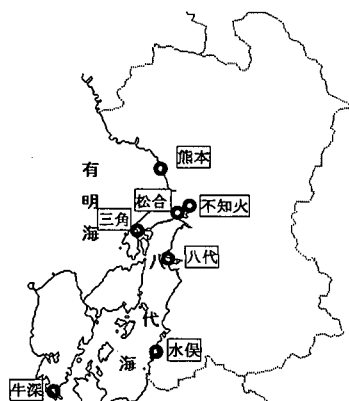


図-1 不知火海 (八代海) 沿岸域

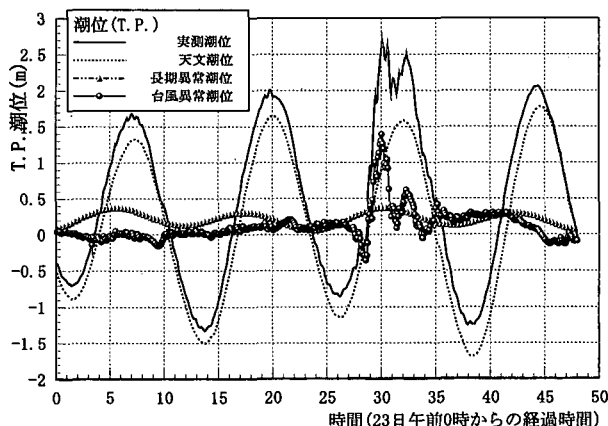


図-2 八代港の異常潮位

潮との干渉もある。この海洋性の異常潮位を推定し、台風9918号だけの要因で生じた八代港での潮位偏差を台風異常潮位として図中に示している。これは、台風襲来前後の期間において、実測潮位と天文潮位の差を海洋性の長期異常潮位と定義し、実測潮位から天文潮位と、ここで定義した長期異常潮位を差し引いたものである。これによると今回の台風による八代港での最大潮位偏差は、約1.4 mである。純粋に台風による潮位偏差を考える上では、この海洋性の異常潮位を考慮する必要がある。このようにして得られた各地点での高潮偏差のデータは高潮計算結果の検証に用いた。また、図中に示すように海洋性の異常潮位による水面上昇は、湾内では潮汐と干渉して、半日周期、1日周期の成分を有することが検潮記録の解析からわかる。このことは、海洋性の海面上昇は、単に平均水面が上昇するのみならず潮汐の振幅も変化することを示唆している。

2.2 台風モデルの決定と計算風の検証

風域の場合は、Myersの気圧分布による傾度風と台風の移動速度による場の風を合成したものを用いるが、今回の台風の特異性を考慮し、各地の気圧と風の実測データを用いて台風定数を決定した。まず、関西以西の57箇所

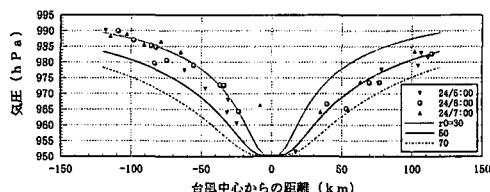


図-3 気圧の空間分布の時間変動

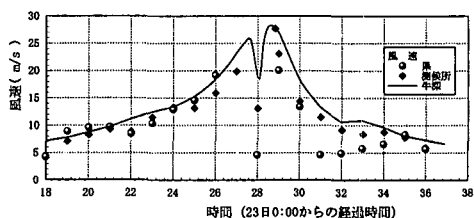


図-4 風速の時間変動 (牛深)

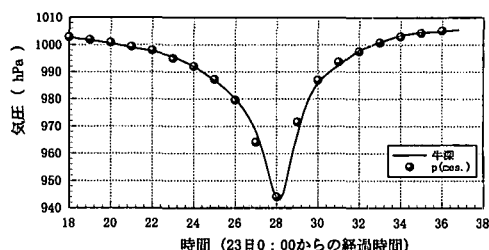


図-5 気圧の時間変動 (牛深)

の気圧観測データより毎時ごとの気圧の空間分布を作成し、これと不知火海の現地データとの整合がとれるように、位置、気圧、半径等の定数を時間毎に作成した。特に風については、不知火海で陸地の影響を考慮し、風の東西方向成分を減衰させて南北に偏向するようにして不知火海域の風特性の抽出をおこなった。図-3は気圧の空間分布と台風半径についての解析例である。また、図-4、図-5は天草郡牛深地点での本台風モデルによる風速と気圧の再現状況を示す。このようにして求めた毎時ごとの最適定数を数値計算に採用した。

3. 高潮の観測値および数値計算による特性解析

高潮の数値計算は非線形長波方程式を対象とした従来の手法で、1層モデルおよび多層モデルを用いて計算した。計算には潮汐変動は考慮しているが、波浪、砕波、密度差等の影響は考慮されていない。計算領域は、外海を広くカバーする東経128.0度から134.0度、北緯27.0度から35.0度の広領域から、九州と沖縄を含む第2の領域、九州西海岸を含む第3の領域、不知火海を対象とする第4の狭領域へと移行する可変領域を採用し、計算のメッシュ間隔は広領域の5400 mから順次、1800 m、600 m、200 mとした。

図-6、図-7、図-8、図-9、図-10、は、それぞれ牛深、水俣、三角、八代港および熊本港における潮位偏差の実測値と計算値との比較である。ただし実測値とは、図-2で示した海洋性の長期異常潮位を差し引いた潮位偏差である。図-10に示すように、熊本港の実測記録には問題があると考えられるが、これを除くと、計算結果はかなりの精度で再現できている。図-9の図中に示すように松合地区の計算結果は潮位偏差で約3 mであり、滝川ら(2000)の高潮痕跡の実測結果によるT.P.+4.5 m(八代港での潮位偏差より、さらに1.8 m程度高く、潮位偏差で約3.2 m)にほぼ一致する。しかしながら、今回の不知火海高潮の最大の特徴は、不知火海湾奥における高潮と高波による異常な水位の上昇であり、これを明らかにする為には、このような極浅海域での波浪と砕波に伴う吹送流、風と波との動的相互作用等、発生のメカニズムに関する研究が進展されねばならない。また、図-9あるいは先の図-2中の八代港における実測潮位には2つのピークが発生していることがわかる。第1のピークは、台風の吸い上げと吹き寄せ効果で高まった水面が台風の進行よりおくられて伝播し、強風およびその風向と一致して生じたものである。また第2のピークは、不知火海の南北方向の湾振動で周期が約2時間のものである。また、横方向の湾振動の周期は約30分であり、通常の水位上昇期に明瞭に発生する。なお、不知火海は外海

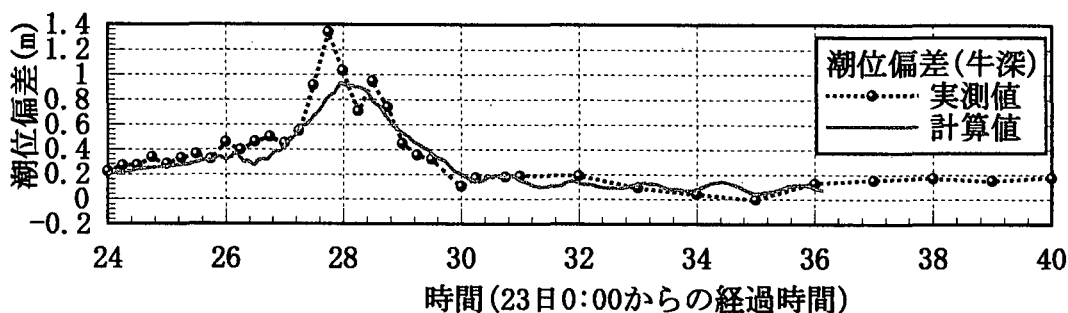


図-6 潮位偏差 (牛深)

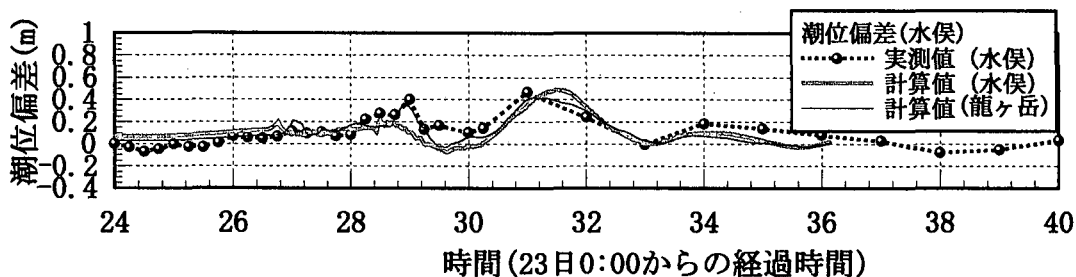


図-7 潮位偏差 (水俣)

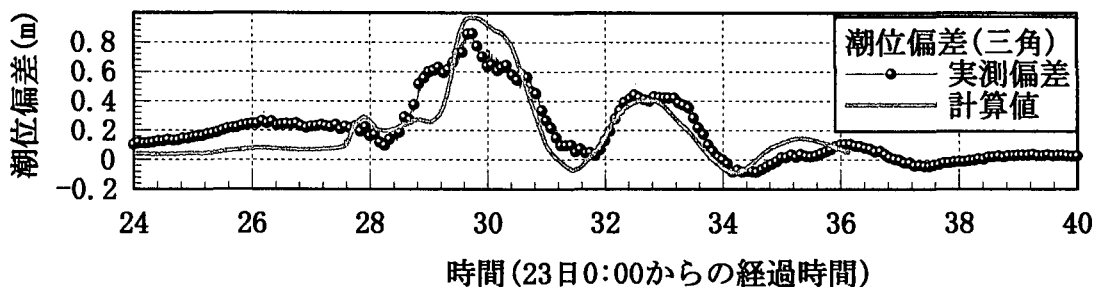


図-8 潮位偏差 (三角)

との開口部が狭く、海水の水量の供給も少ないため、上昇水面の波動性伝播と合わせて、牛深、水俣など南部海域では高潮偏差は小さくなる。上記の理由（上昇水面の波動性、水量供給不足）で高潮の前面では海面の低下が顕著で、八代港で負の偏差が約-40 cm となっている。

4. 波浪の数値計算による特性解析

波浪の数値計算は、Wilson の風と波の関係式に Bretschneider の浅海効果を取り入れた有義波法を用いた。計算領域は不知火海全域と有明海南部で、熊本港の実測記録を用いて検証した。

図-11 に、4、5、6 毎時の波高の不知火海での波高分布の計算結果を示す。

図-12 中には、熊本港の計算結果と実測値を示す。計算結果と実測値は良く一致しており、今回の計算結果を

用いて不知火海の波浪特性の議論は可能と考えられる。

また、図-12 の下 2 つの図は宇土半島南岸の不知火町松合と八代の有義波波高と周期の時間変化である。

風向と風速の時空間的変化の大きさに対応して波の時空間変化も大きく変化し、また、高波の来週時間は短い。湾の最奥部に近い松合の沖では波高は 4 m を超えている。これは、宇土半島南岸沿いの広い範囲についていえる。海岸沿いでは 4 m の波は砕波しながら来襲するが、高潮による水深の増加で砕波や海底摩擦による減衰は小さくなるので、この地域に来襲した波は、高潮と同様既往最高と推定される。浸水や家屋の損壊などの被害を受けながら、早めの避難で人的災害を逃れた龍ヶ岳町の海岸では 5 時頃の高波の影響が大きかったことが、図-11 から分かる。

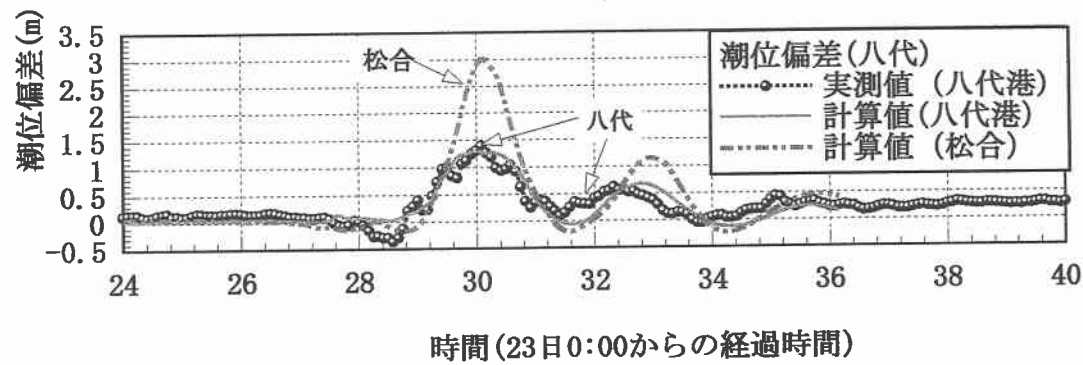


図-9 潮位偏差 (八代港)

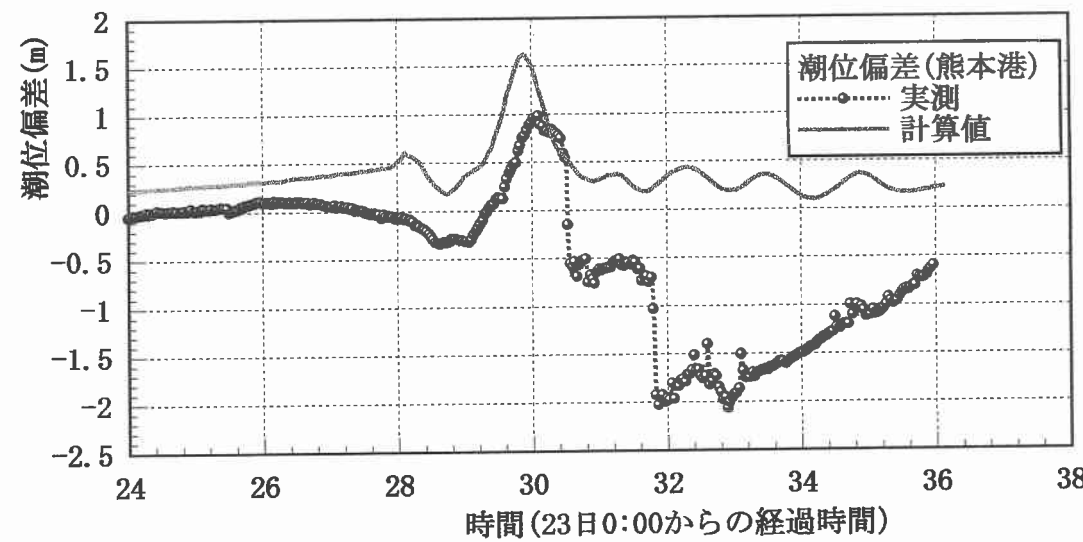


図-10 潮位偏差 (熊本港)

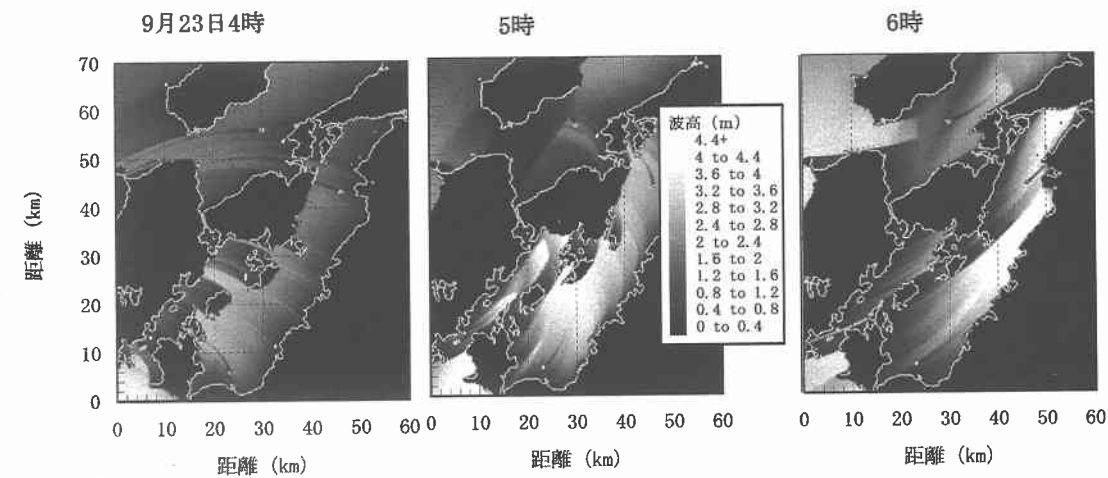


図-11 不知火海の有義波高分布 (計算値)

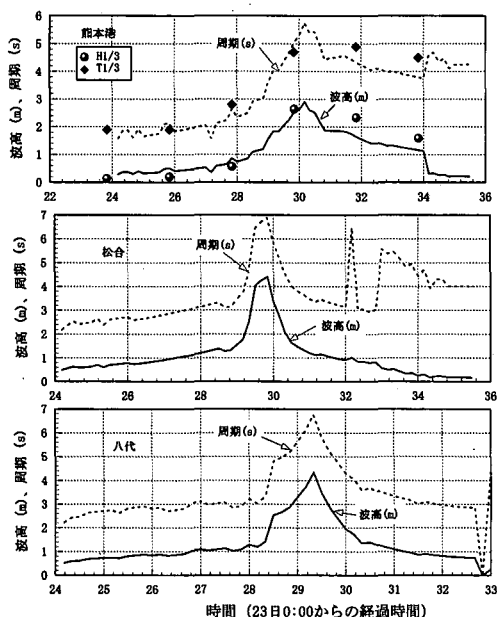


図-12 各地点の有義波の波高と周期 (計算値)

5. 結 論

本研究で得られた主要な結論を以下に要約する。

1) 不知火海の南部海域では水深が約 40 m あり、長波の進行速度は台風の進行速度より速い。このため、吸い上げ効果により高まった水面の一部は波動として台風の進行速度よりやや速い速度で分散し、高潮は発散気味となる。また、外海への開口部も狭いため水量の供給も不足気味に働く。このため南部海域では高潮偏差は小さい。湾軸中央で水深が減少し台風の進行速度と波動としての高潮の速度が近づくと高潮の発達が大きくなる。

2) 球磨川河口付近より北の海域は干潟が発達した浅海となっている。ここで高潮は波浪という浅水変形により海面上昇を増す。三角半島南岸に達すると反射波との重畳で急激な海面上昇を生じる。

3) 湾軸方向の湾振動は、周期は 2 時間で、八代港では主波の後に 2 つのピークが認められる。横断方向の湾振動は、八代港で周期約 30 分、台風の影響下にある時は片振幅約 10 cm の振動が 10 周期程度継続している。

4) 波浪は、風向の激しい変化によってその分布が変化する。最も大きな波浪は三角半島南岸に来襲したもので、来襲波の周期は 6～7 秒、波高は、砕破限界に達している所が多く海岸付近では高潮を考慮した水深に対応する碎波波高と考えてよい。

謝辞：高潮の計算に際しては、東海大学工学部、後藤智明教授にご指導を賜りました。また、熊本県河川課、運輸省第四港湾空港建設局熊本工事事務所、ならびに熊本地方気象台をはじめとして、多くの関連機関には、台風 9918 号の貴重な資料を提供頂きました。ここに謝意を申し上げます。

参 考 文 献

- 井島武士・湯 麟武 (1965): 浅海風波の数値計算, 第 12 回海岸工学講演会論文集, pp. 69-75.
- 井島武士・田淵幹修 (1970): 数値計算による台風域内の波の分布について (II), 第 17 回海岸工学講演会論文集, pp. 27-33.
- 滝川 清・田淵幹修・山田文彦・田中健路 (2000): 台風 9918 号による不知火海高潮災害, 河川災害に関するシンポジウム, 自然災害総合研究班, pp. 25-35.
- 田中健路・滝川 清・山田文彦・外村隆臣 (2000): 台風 9918 号の気象特性に関する解析, 海岸工学論文集, 第 47 巻, pp. 281-285.
- 林 泰一・滝川 清・石川裕彦 (2000): 台風 9918 号にともなう高潮災害・龍巻害, 自然災害科学, Vol. 18, No. 4, pp. 441-448.