

瀬戸内海における高潮の発達機構

広島大学大学院工学研究科 正会員 ○駒井 克昭

広島大学大学院工学研究科 正会員 日比野 忠史

1 はじめに

2004 年には台風の相次ぐ上陸に伴って、瀬戸内海沿岸で甚大な被害が生じた。瀬戸内海では近年、平均水位の上昇傾向や異常潮位がみられ、2004 年は 2003 年に比べて約 2°C の水温上昇が観測されている。これらの水環境の変動が台風勢力の維持、高潮の規模や伝播に無関係であるとは考えにくい。TY0416 および TY0418 では瀬戸内海沿岸で既往最高潮位が更新されており、高潮位の発生メカニズムを明らかにすることの重要性が増している。さらに、高潮による浸水区域や被害予測（ハザードマップ）によるソフト的な防御を充実し、ハードとの両面からの災害軽減を行うには、対象海域の特性を考慮した高潮シミュレーションによる確度の高い予測を行うことが不可欠である。本研究では、台風通過時における水位等の実測データおよび TY0416 と TY0418 を対象とした高潮の数値計算により、瀬戸内海に特有の高潮の伝播・発達機構を明らかにする。

2 実測データおよび高潮の数値計算モデル

TY0416 と TY0418 の通過時に実測された潮位変動と潮位偏差、推算天文潮位、および気象官署やアメダス等による実測気圧・風速データの比較により、2 つの台風による特性の異なる高潮の発生機構について検討を行った。

さらに、豊後水道および紀伊水道南端を境界とした瀬戸内海全域を対象として高潮の数値計算を行い、瀬戸内海の地形や密度変化による高潮の伝播・発達について検討した。数値モデルでは非線形長波方程式と連続式を解くことで流れ場を求める。風速は沿岸付近のアメダス（58 地点）、気圧は気象官署（17 地点）および台風中心気圧の毎時値を空間的に距離荷重平均したデータを海面摩擦応力および圧力境界条件として与えられる（波浪による吹送流の強化は考慮せず、計算潮位が実測値に近くなるように抵抗係数が調整されている）。密度場を考慮した計算では、圧力項に実測密度（国交省中国地方整備局）を与えることで再現されている。水位境界条件は豊後水道

と紀伊水道南端での実測潮位偏差（＝実測潮位－推算天文潮位）が与えられる。

3 TY0416 と TY0418 による高潮の伝播・発達

瀬戸内海は豊後水道と紀伊水道を通じて太平洋と連結しているため、九州西側海上から台風が接近した場合、主に豊後水道から内海奥に進む高潮の伝播がみられる。図 1 は瀬戸内海各地における TY0416 および TY0418 通過時の(a, b)天文潮位と(c, d)潮位偏差および海面気圧を示している。

TY0416 では天文潮位は大潮期であり、潮位偏差のピーク時刻は各地の上げ潮～満潮に重なったため最高潮位が高くなる傾向にあった。特に、TY0416 と TY0418 とともに備讃瀬戸（⑥）で天文潮と潮位偏差のピークが重なったため最高潮位が大きかった。TY0418 は小潮期であったため、東海域においては TY0416 に比べて最高潮位が小さかった。

境界（豊後水道）から内海に進入した高潮の最大の潮位偏差（＝実測潮位－天文潮位）と継続時間は TY0416 で約 0.8m と約 40 時間、TY0418 で約 0.4m と約 21 時間であり、境界での高潮規模は TY0416 の

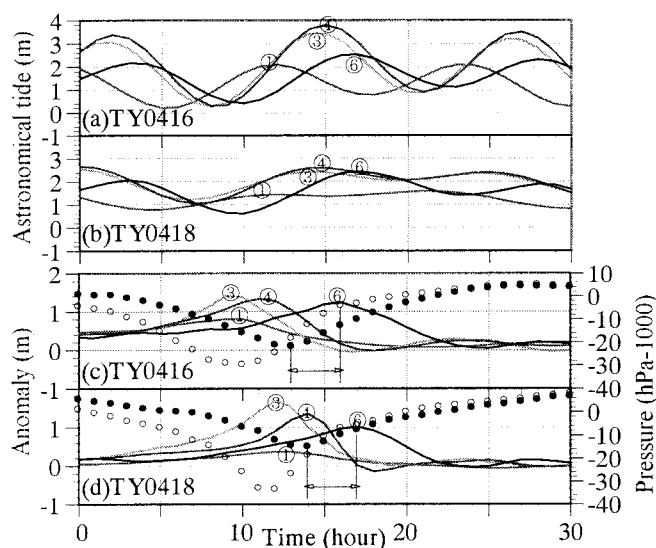


図 1 TY0416 および TY0418 通過時の(a, b)天文潮位と(c, d)潮位偏差（実線）と海面気圧（○、●は③、⑥に対応）。数字は地点番号（図 3 参照）

方が大きい〔図 1 中の①〕。一方、台風の気圧深度や最大風速等は TY0418 の方が最大で約 20hPa, 10m/s 程度強く、周防灘～安芸灘での高潮（潮位偏差）の発達が顕著にみられた（③, ④）。備讃瀬戸⑥では、フェッチが東西方向に卓越していることに加えて西海域で発達した潮位偏差の長波伝播が重なることにより、最低気圧から約 3 時間遅れて最大潮位偏差が発生したと考えられる〔図 1 中の矢印〕。

4. 瀬戸内海における高潮の伝播・発達の数値解析

4.1 外海から内海奥への高潮の伝播

図 2 は豊後水道からの高潮の進入のみを考慮した計算による(a)最大潮位偏差 $H_{\max}$ および(b)紀伊水道からの高潮進入の有無を考慮した計算による $H_{\max}$ の比較を示している。

豊後水道（境界）から進入した高潮は（気圧や風、潮流の効果は無視して）、TY0416 と TY0418 とともに内海で現れる水位上昇量は境界で与えられた高潮位の約 1.3～1.4 倍（周防灘）に発達し、狭窄部を通過することによって安芸灘で約 0.9 倍、備讃瀬戸で約 0.2 倍に減衰しながら伝播する〔図 2(a)中の 1 と 3〕。

高潮は豊後水道から進入するとともに、太平洋沿岸を伝播して紀伊水道側からも進入する。この場合、豊後水道から進入した潮位偏差と紀伊水道側からの潮位偏差が同調することで備讃瀬戸⑥での高潮を上昇させている〔図 2(b)〕。

4.2 気圧・風による高潮の発達

西海域（①～⑤）における台風による気圧低下・吹き寄せによる高潮の発達は TY0416 に比べて TY0418 の方が顕著である〔図 2(a)〕。TY0418 では九州西側海上から瀬戸内海に接近したため、豊後水道から瀬戸内海に進入した高潮は規模が小さいが、勢力が衰えずに日本海側を東進したことで内海奥での高潮が著しく発達したといえる。

4.3 密度低下による高潮の上昇

台風通過時には降雨や河川水の流出による淡水の供給が海水密度の低下を引き起こすため、水平方向に密度勾配が生じ、これに起因する圧力勾配により、平均潮位の上昇が予想される。図 3 は河川流量が少なかった期間（1982～1988 年）と河川流量が多かった期間（1989～1993 年）の平均密度を用いた計算による密度変化量と水位上昇量（9 月期平均値の差）を示している。計算結果より、密度低下が顕著

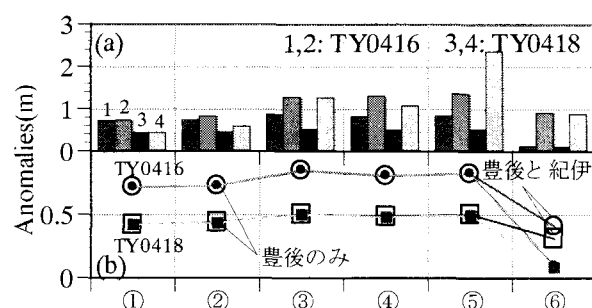


図 2 (a)最大潮位偏差 $H_{\max}$ の分布（1・3：気圧・風なし，2・4：気圧・風あり），(b)紀伊水道からの高潮進入の有無による $H_{\max}$ の比較（気圧・風なし）。数字は地点番号（図 3 参照）

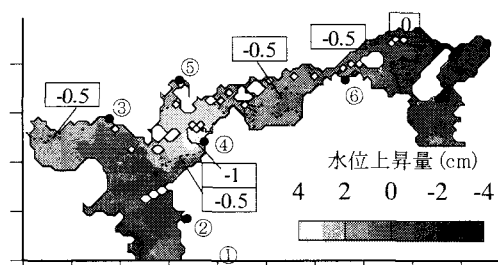


図 3 密度変化量（破線，□は変化量を示す， kg/m^3 ）と水位上昇量（1982～1988 年と 1989～1993 年の 9 月期平均値の差）。

であった（約 -1kg/m^3 ）伊予灘～備讃瀬戸にかけて水位が最大 4cm 上昇しており、淡水の流入や温暖化に伴う密度低下は、高潮位を上昇・長期化する要因となると考えられる。

5 おわりに

台風通過時に実測された気象・海象データと高潮の数値解析により、TY0416 と TY0418 通過による瀬戸内海での高潮の伝播・発達機構について検討した。

九州西側海上から接近した台風によって豊後水道側で発生した高潮は、周防灘で発達し、安芸灘～備讃瀬戸を通過するにともなう減衰しながら瀬戸内海東海域へ伝播する。さらに、紀伊水道側から進入した高潮と同調することで備讃瀬戸付近の潮位が高まる。備讃瀬戸では気圧低下から遅れて潮位偏差が最大となる特徴がみられた。TY0418 では気圧低下と強風のため、西海域での高潮が発達した。TY0416 では大潮の満潮時に重なった備讃瀬戸で最高潮位が大きくなった。降雨や河川水の流出等にもなう密度低下による高潮の上昇は 1kg/m^3 に対して数 cm のオーダーで予想される。