

# 東京湾奥部における長波の振動特性

新潟大学大学院自然科学研究科 学生員○水口 大輔  
 新潟大学大学院自然科学研究科 学生員 星野 剛  
 新潟大学災害・復興科学研究所 正員 安田 浩保  
 中央大学理工学部 正員 山田 正

## 1. はじめに

東京湾における津波などの長波の伝播特性は様々な観点から検討が加えられてきている。日野ら<sup>1)</sup>は湾の形状に固有の長波の伝播特性について詳しく調べ、周期が60から90分くらいの卓越した固有振動が存在することを明らかにしている。同湾における津波の伝播や遡上については歴史的な観点<sup>2)</sup>と流体力学的な観点<sup>3)4)5)</sup>の両者から調べられ、東京港などの湾奥では波高が2mを超える可能性は高くないとされている。

2011年3月11日の東北地方太平洋地震により生じた津波は、最大波高が1m程度の波形として東京湾に侵入し、その結果、湾奥では湾口よりも高い2mの波高が観測された。過去の同湾における津波現象では湾口波高と比べて湾奥波高は大きく減衰することがほとんどであったのに対し、この津波は湾奥地点では波高が減衰せず、むしろ波高が増幅して到達している。

このような特徴的かつ既往研究の見解とは異なる湾奥への伝播過程やその機構の理解は、人口や資産が集積する湾奥の防御や湾に接続する河川の津波遡上の入射条件を考える上で極めて重要である。これに対し、現在までのところ湾奥部における固有の振動特性については十分に解明されているとは言えない。本研究では、湾奥部の複雑な海岸線が形成する場における振動特性について詳しく調べた。

## 2. 東北地方太平洋沖地震津波の再現計算

### (1) 計算格子

計算格子は湾内の地形解像度を維持しながら計算することが可能な四分木構造格子を用い、複雑な海岸線形状が沿岸部での振動特性に対して与える影響を把握する。図-1に使用した格子構成を示す。

### (2) 計算条件

初期条件は、計算開始時刻を2011年3月11日の潮位を東京湾の全体に与え、いずれの計算点でも流量フラックスを0に設定した。境界条件は、湾口付近に位置し実測値のあるアシカ島での観測波形を与えるいわゆる水位の強制入射の条件とした。それ以外では完全反射の境界とした。

### (3) 海岸線形状が振動特性に与える影響

図-1の計算格子に波形の観測地点を示し、図-2に横須賀、横浜、晴海、千葉の実測値と計算値の比較を示した。赤の実線で示した実測値、青の実線で示した計算値の4地点に共通していえることは、最大波高は湾口部の最大波高よりも増幅して到達していたことである。

湾内に進入した長波の伝播特性を見るために、湾の中心部に位置する第二海堡での実測値と計算値から海岸線

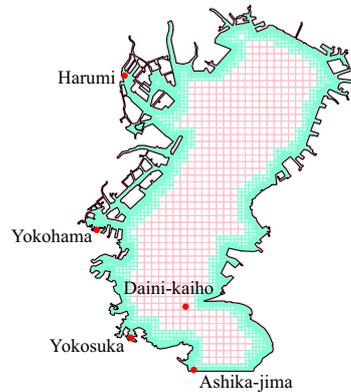


図-1 計算格子

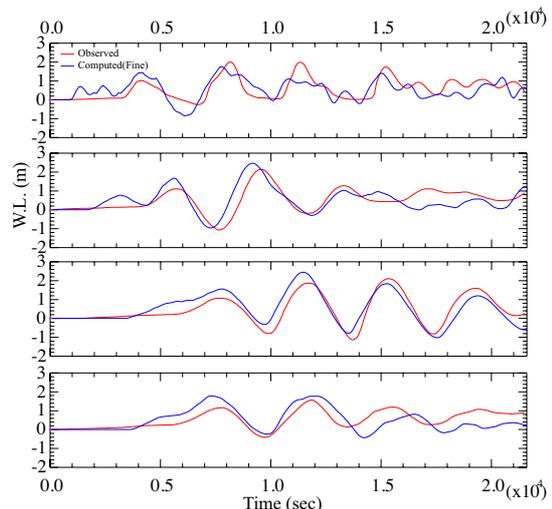


図-2 沿岸地点での時間波形(上から横須賀、横浜、晴海、千葉)

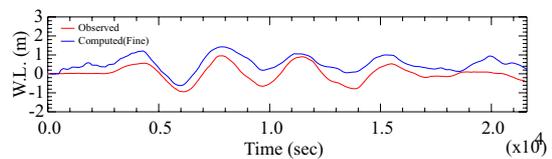


図-3 第二海堡での時間波形

形状が振動特性に与える影響について考える。第二海堡での実測値を図-3に示す。

第二海堡で観測された最大波高と沿岸部における横須賀、横浜、晴海、千葉で観測された波形を比較すると、湾口付近で観測された第二海堡での最大波高は1m程度にも関わらず、横須賀、横浜、晴海、千葉で観測された最大波高は2m程度まで増幅していることは注目に値する。湾口付近に位置する第二海堡に到達した波形と沿岸の4地点の波形の比較から、これらの地点が位置する湾内に到達した後に再増幅されていたことが原因であるものと推測される。

以上のことから、湾口部から沿岸部に到達するまでの伝播過程における波高の再増幅は局所的な地形形状に起因すると考えることが妥当で、そこでの固有振動が寄与しているものと考えられる。

3. 長波に対する振動特性

東京湾の幾何学形状に応答する振動特性について調べる。これは固有振動を求めていることに該当する。すでに日野ら<sup>1)</sup>と相田<sup>5)</sup>によって東京湾の固有振動は調べられているが彼らが求めたのは東京湾の概形に対しての固有振動である。本研究では湾奥部の沿岸の振動特性の把握に焦点を当てていることから、複雑な海岸線形状に応答する振動特性を解析する。

(1) 計算条件

入射条件は30分、60分、90分、120分、湾口部での入射波高を2mとし、合計4ケースの計算を実施した。

(2) 計算結果

実施した横須賀、横浜、晴海、千葉の計算結果は図-4に示した。また、図-5に伝播に伴う周期と波高の増幅率の関係を示した。

(3) 沿岸の振幅特性

図-4に示したように横須賀、横浜、晴海、千葉の4地点ともに共振が原因と考えられる波高増幅が生じていたことがわかる。ここで興味深いのは、横須賀では60分、90分、120分、横浜では90分、晴海では60分、千葉では90分、120分の周期の波だけが入射波の波高を上回る波高まで増幅していたことである。このように計測地点により共振周期が異なるのは、沿岸部の振動特性は東京湾の概形が有する振動特性からよりも局所的な地形の影響を強く受けているためと推測される。その中でも大規模な港が所在する横浜とその港口部（横浜港）、晴海とその港口部（東京港）での振幅特性の比較を図-5に示した。この図の横軸は周期の変化率、縦軸は波高の変化率を示している。周期の変化率はスペクトル解析で求めた観測地点での卓越周期と入射波形の周期の比としている。

図-4のa)の横浜では30分、60分、90分、120分の全ての波が波高を増幅する。特に90分の波が港口では波高増幅を示していないのにも関わらず、港奥では入射波高の2倍程度の波高増幅を示していることが分かる。一方で、周期に関しては30分の波が港口と港奥とでの周期の変化率が大きいことが分かる。また、同図のb)から晴海では、30分、60分、90分、120分のすべての波が増幅する。特に60分の波は2倍程度もの波高増幅を示す。一方で、周期に関しては横浜と同様に30分の波だけが港口と港奥とでの周期の変化率が大きいことが分かる。

これらのことから、それぞれの港には特定の周期にのみ鋭く応答する固有振動を有していることが分かった。

4. おわりに

本研究では、東京湾奥部での津波などの長波の振幅特性の解明を試みた。すでに明らかにされている湾の概形に共振する振動特性だけでは湾奥部の沿岸での振動特性は十分に説明できず、その要因として、局所的な地形が非常に重要な役割を果たすことを指摘した。つまり、数kmスケールの港の形状が、その幾何学形状に共振す

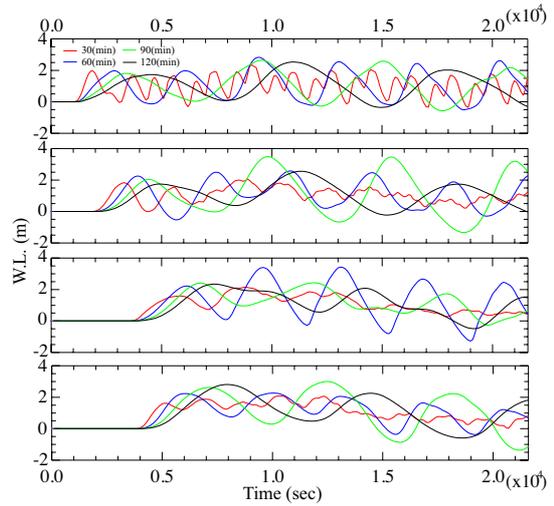


図-4 周期波の入射実験による沿岸地点での時間波形 (上から横須賀、横浜、晴海、千葉)

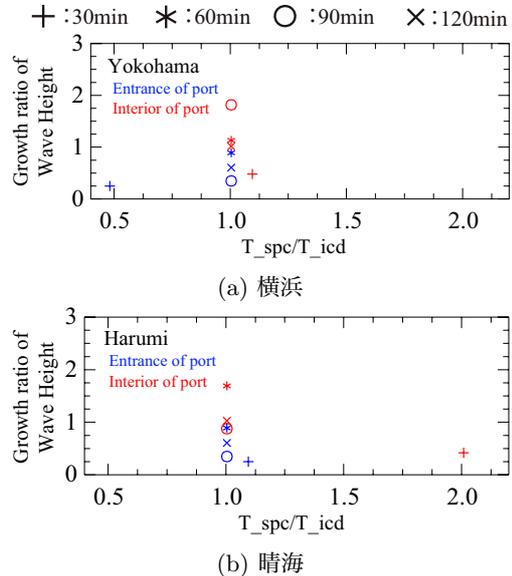


図-5 伝播に伴う振幅と波高 (海岸)

る共振の効果によって波高が増幅されることを明らかにした。このことは、人口と資産が集中する湾奥部の沿岸防災、そこに河口を有する河川への津波の侵入と遡上への取扱い直結するため、極めて重要な知見である。

参考文献

- 1) 日野幹雄, 日野和子: 東京湾の侵入長波に対する振動応答特性, 海岸工学研究発表会論文集, Vol.11, pp98-107, 1964.
- 2) 羽鳥徳太郎: 東京湾・浦賀水道沿岸の元禄関東 (1703) 安政東海 (1854) 津波とその他の津波の遡上状況, 歴史地震, 第21号, pp.37-45, 2006.
- 3) 高山知司, 永井紀彦, 平石哲也: 東京湾の津波計算, 港湾技研資料, No.454, 1983.
- 4) 細萱泉, 伊藤清則: 津波シミュレーションによる津波防災情報図広域版 (150mメッシュ) の作製, 海洋情報部技報, Vol.27, pp18-27, 2009.
- 5) 相田勇: 東京湾近傍の地震による津波の特性, 地震, 2輯, pp217-226, 1996.
- 6) Loomis, H. G., 1996, Some numerical hydrodynamics for Hilo Harbor, Institute of Geophysics, Univ. Hawaii, HIG-66-7.