

九州西岸で気象津波を引き起こす気象要因分析とその再現計算
Simulation of meteotsunamis in Kyushu region and analysis of the meteorological factors

○西野 藍・宮下 卓也・安田 誠宏・志村 智也・森 信人

○Ai NISHINO, Takuya MIYASHITA, Tomohiro YASUDA, Tomoya SHIMURA, Nobuhito MORI

This study investigated propagation characteristics of sea surface waves depending on air pressure conditions in order to analyze the mechanism of meteotsunami in Kyushu region, Japan. Focusing on actual meteotsunami events from 2019 to 2013, numerical simulations were performed under different atmospheric pressures. Nagasaki and Makurazaki coasts, in which meteotsunamis frequently occurred, were targeted to reproduce the tsunami amplitudes. The results showed that when the pressure wave propagated from west to east, significant water level fluctuations occurred at both locations. On the other hand, when the pressure wave propagated from northwest to southeast, the water surface waves excited by the pressure wave only reached Nagasaki due to reflection at the edge of the Okinawa Trough, and did not reach Makurazaki.

1. はじめに

九州西岸で観測される気象津波は、東シナ海上を伝播する微気圧変動（気圧波）に起因するとされている。田中ら[1]によると、気象津波の発生に起因する気圧波は、ユーラシア大陸の中国南部で太平洋高気圧辺縁部における暖かく湿った空気が上空の乾燥空気を伴う偏西風と接することで、対流圏中層（上空 3～6 km 付近）の大気が不安定になることにより発生する。さらに、不安定層の上下に安定層が存在する大気構造では、導波効果によって発生した気圧波は九州西岸まで長距離伝播することが可能となる。気象津波は気圧波が東シナ海上を伝播する過程で、海洋長波との速度が同程度である場合に生じる Proudman 共鳴で発達し、その後、沿岸から湾内にかけて浅水変形、湾水振動等の増幅過程を経て、局所的に突然観測される。

九州西岸付近で気象津波が顕著に増幅する詳細なメカニズムについて、齋田ら[2]は、気圧波の入射角度・位置によって、沖縄トラフ以東で応答する海水面の伝播状況が大きく異なることを明らかにした。しかし、過去に九州西岸で観測された顕著な気象津波を引き起こした気象要因および海底地形の要因と、実際に観測された水位変動の大きさとの関係は十分に解明されていない。

以上の背景を踏まえて、本研究は近年の九州地方での気象津波の発生を支配する気象・海洋条件を明らかにすることを目的に、数値予報の気候値および観測データの分析や気象津波の数値計算を行う。数値計算においては、数値予報データの気

圧時空間分布や、観測データ等をもとに簡便にモデル化した気圧波を用いて実験を行う。

2. 研究手法

(1) 気象津波発生時の気象条件整理とモデル化

近年の観測事例について、メソ数値予報モデル (MSM: Meso Scale Model) の海面更正気圧データを用いて、九州西岸で気象津波を引き起こす気象要因を分析した。本研究では、海面更正気圧データの時間差分で得た気圧勾配を気象津波の発生に起因した気圧波とみなし、その波峰の長さや向き、移動方向を推定することで気象要因分析を行った。長崎と枕崎の両地点で顕著な気象津波が観測された 3 事例について、最大全振幅およびその観測時刻と MSM の海面更正気圧の空間分布から推定した気圧波の伝播特性のまとめを表-1 に、MT201901 と MT202203 の事例における気象津波発生時刻前後の気圧勾配の空間分布を図-1 に示す。角度は波峰が南北に伸びる向きを 0 度として、時計回りを正とする角度で表す。

表-1 の気象要因分析結果をもとに、気象津波の再現計算の外力となる気圧波をモデル化し伝播条件を決定した。MT201901 および MT201903 の事例については、波峰の向きが 0 度の気圧波を西から東へ、MT202203 の事例については、波峰の向きが 50 度の気圧波を北西から南東方向へ伝播させた。伝播速度は、感度分析をもとに 30 m/s に決定した。入射する気圧波の周期は長崎と枕崎の共振周期に相当する 20 分と 40 分の 2 つを設定した。

表-1 近年の気象津波発生時における最大全振およびその観測時刻と気象条件のまとめ

観測事例 (MTyyyyymm)	最大全振幅 (cm)		観測時刻		MSM より推定した気象要因		
	長崎	枕崎	長崎	枕崎	波峰長	波峰の向き	移動方向
MT201901	89	101	1/6 03:50	1/5 22:40	九州全域	約 0 度	西→東
MT201903	103	110	3/21 20:38	3/21 20:06	九州全域	約 0 度	西→東
MT202203	107	107	3/22 03:52	3/22 03:55	九州全域	約 50 度	北西→南東

気圧波の波形は正弦波とし、振幅、速度を一定として与えた。

(2) 気象津波計算の数値モデルおよび計算条件

気象津波計算には非線形長波方程式を基礎とし、解適合格子法を採用した GeoClaw [3]を用いた。解適合格子法は、計算過程で空間解像度、時間間隔を動的に変化させる手法である。計算領域は東シナ海域から九州地方全域を含む海域とし、最も粗い解像度で 1 分角(1/60°)、沿岸域では最高で解像度 5 秒角 (1/720°)とした。風速は考慮せずモデル化した気圧波を与えて気象津波計算を行った。

3. 気象津波計算結果

気象津波計算結果の時系列波形を図-2 に、空間分布を図-3 に示す。MT201901 および MT201903 を対象として、波峰の向きが 0 度の気圧波を西から東へ伝播させた結果、両地点で顕著な増幅がみられた。長崎へは気圧波により励起された水面波が沖縄トラフ北端部で反射し北東方向へ伝播方向を変えて到達した(a)。枕崎へは、沖縄トラフの急深部で加速して気圧波に先行して伝播する波と、南側から沖縄トラフに沿って枕崎へ向かい北東方向に伝播する波が合流する形で到達した(b)。一方で、MT202203 を対象として、波峰の向きが 50 度の気圧波を北西から南東方向へ伝播させた結果、気圧波により励起された水面波は、沖縄トラフ辺縁部における反射の影響で、枕崎へは到達せず、両地点で顕著な水位変動は発生しない結果となった。以上より、単一の気圧波では説明できない事例もあることから、気象津波発生時には複数の方向から複数波の気圧波が伝播した可能性も考えられる。

4. おわりに

本研究では、長崎と枕崎の両地点で顕著な気象津波が観測された事例について MSM の空間分布より推定した気圧波の伝播条件で計算を行った。北西から南東方向へ伝播する気圧波の条件では、

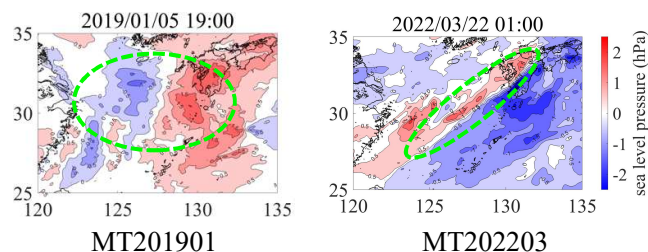


図-1 MSM 数値予報から抽出した気象津波発生時刻前の気圧勾配分布

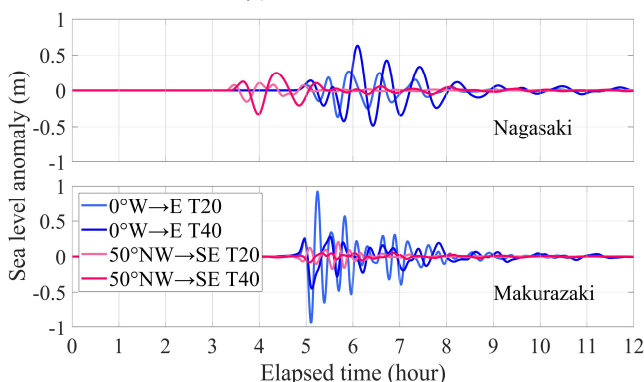


図-2 気象津波計算結果

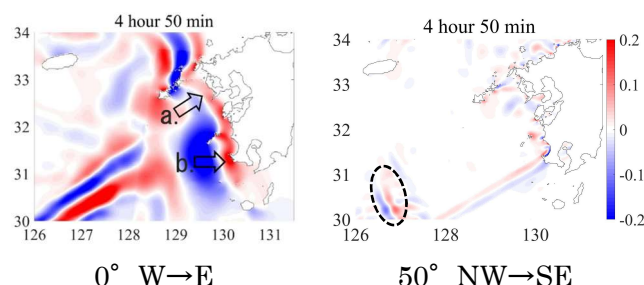


図-3 気象津波計算結果の空間分布

両地点での水位の増幅を説明できなかった。気象津波を起こしうる気象・海洋条件と各地での水位変動の大きさとの関係を明らかにするため、今後、気象モデルを用いた気象津波計算も併せて実施する予定である。

参考文献

- [1] 田中健路, 浅野敏之: 冬季から春季にかけて東シナ海上を伝播する気象津波の発生源に関する解析, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol.67, No.2, pp.I_391-I_395, 2011.
- [2] 齊田倫範, 浅野敏之: 東シナ海上の気象擾乱に起因する浦内湾における副振動の発生特性に関する数値解析, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol.67, No.2, pp.I_171-I_175, 2011.
- [3] Mandli, K.T., Dawson, C.N.: Adaptive mesh refinement for storm surge. Ocean Modelling, 75, 36–50, 2014.