

## 1. 研究背景

九州西岸では冬から春にかけて、あびきと呼ばれる異常潮位現象が起き、道路の冠水や船の転覆等の被害が生じている。このような被害を未然に防ぐためにはあびきの予測が重要である。

中條ら<sup>1)</sup>は陸上および沿岸の気象・海象観測値からニューラルネットワーク (NN) モデルを用いてあびき予測の可能性を検討している。そこでは数時間のリードタイム (以下,  $T_L$ ) ならば予測可能であると示されている。しかし  $T_L$  が長くなるにつれ精度が急激に低下すること、あびきのピーク値の再現性が悪いこと、モデルの学習及び検証に使用したあびきイベント数が少ないことが課題であった。また、NN モデルへの入力値として適切な観測点の選定についてはまだ検討されていない。池田ら<sup>2)</sup>は長崎県の女島での観測データの利用が長崎や枕崎のあびき予測に有効であると述べているが、そうした沖観測点の利用による予測精度向上の検討は意義がある。

## 2. 研究目的・方法

あびきの要因である微気圧波の進行シナリオを変化させて海洋長波伝播をシミュレートし、任意地点の気圧および水位のデータを取得し、それらを NN の学習・検証に利用することを考えた。本研究では以下の3つを研究目的とした。

1. 数値計算の結果を用いた際の NN の精度検証
2. 多様なあびきイベントでの予測モデルの検証
3. 観測点候補の選定

研究方法は大きく3段階に分けられる。最初に、速度や方向を変化させた微気圧波を外力条件として、非線形長波方程式を SuWAT<sup>3)</sup> で解き、あびきの発生、伝播過程をシミュレートした。次に、数値計算により得られた定点の水位 (潮位偏差) と気圧のデータを学習データとし、NN モデルを構築した。また、学習データとは異なる条件の計算結果を検証データとした。最後に、NN モデルと検証データを用いて、予測精度の検証や観測点候補の選定を行った。本研究では NN によ

るあびき予測対象地に長崎と枕崎を選んだ。その際、NN の入力値は対象地の湾内の代表点と図-1 に示す洋上 15 地点の気圧と水位のデータを用いた。予測精度の指標には中條ら<sup>1)</sup>と同様に相関係数 (CC), 平均平方二乗誤差 (RMSE), 最大潮位偏差の差 (diffMAX), 最小潮位偏差の差 (diffMIN) を用い、最大・最小潮位偏差の差の評価に際しては前後 10 分のずれを許容した。

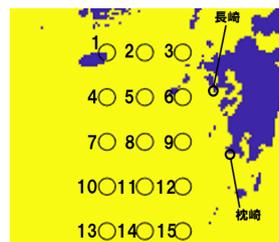


図-1 予測対象地と観測点の位置

## 3. NN モデルの学習・検証データについて

学習データには微気圧波の速度  $V$  を 110, 120, 130 km/h, 入射方向  $\theta$  (東方向を  $0^\circ$ , 反時計回りを正) を  $-40^\circ \sim 40^\circ$  ( $10^\circ$  間隔) で変化させた 27 ケースを用意した。また検証データには  $(\theta, V) = (8, 120), (20, 124), (-6, 118), (-36, 125)$  となる TestCase1 ~ 4 を用いて、 $T_L$  は 0.5 ~ 2.5h (0.5h 間隔) で変化させて予測した。なお本稿では異なる特徴が見られた TestCase1 と 4 の結果を示す。TestCase1 では、はじめ東シナ海上の海洋長波が微気圧波と同方向 (西 東) に進むが、五島列島付近で海洋長波の一部が海底地形の影響により屈折し、北東方向に進行し長崎、枕崎に到達した。TestCase1 の水位変化は初期に顕著なピークが発生し、その後減衰するという波形であった。TestCase4 では、はじめ黄海で発生した海洋長波は微気圧波と同方向 (北西 南東) に進んだ。そして五島列島を抜けると海洋長波の一部が分離し東向きに進み長崎に到達した。残りの海洋長波は微気圧波と同方向に進み枕崎に到達した。TestCase4 の水位変化は比較的小さく、初期のピークと後の減衰部分の境界が不明瞭な波形であった。

NN の入力には潮位偏差と気圧を用い、地点の組合せは、予測対象地の湾内と洋上 15 地点から 1 地点を選択したモデル (model 1) と、湾内と洋上 15 地点全てを選択したモデル (model 2) で検討した。

4. 既往研究<sup>1)</sup>と本研究のNNの精度比較

既往研究<sup>1)</sup>は観測値データを利用しており、入力値やあびきシナリオも本研究と異なる。そのため単純な比較は困難だが、理想的な条件での予測精度の改善の程度を評価するために比較を行った。CCは表-1のように既往研究の精度を上回った。またRMSE, diffMAX, diffMINも概ね既往研究より高精度であった。

表-1 既往研究のNNとmodel1, 2のCC比較(枕崎)

	model 1		model 2	
	$T_L$ 1h	$T_L$ 2h	$T_L$ 1h	$T_L$ 2h
TestCase1	0.968	0.920	0.974	0.943
TestCase2	0.870	0.768	0.857	0.755
TestCase3	0.970	0.937	0.968	0.922
TestCase4	0.881	0.729	0.877	0.752
既往研究	約0.65	約0.45	約0.65	約0.45

5. 長崎・枕崎での予測結果と観測点の選定

図-2, 図-3の時刻は最初に東シナ海で微気圧波が発生してから $T_L$ 時間経過した時刻を0としたものである。model 1の予測結果が図-2であり、 $T_L$  0.5hでCCが約0.92であり潮位偏差を概ね予測できた。しかし $T_L$  2.5hでは、30~300分頃の湾内での発生初期のあびきの予測精度が低下しCCは約0.82であった。これは観測点が洋上伝播中の海洋長波の情報を十分に取得できていないことが原因ではないかと考えた。そこで全ての観測点のデータを利用することで、洋上伝播中の海洋長波の情報を十分に取得できると思われるmodel 2でも検証した。その結果、図-3[2]のように湾内での発生初期のあびきの予測精度が改善され、 $T_L$  2.5hでもCCが約0.92となった。ただし $T_L$ が短い時にmodel 2の方がmodel 1より精度が少し低い場合もあった。これは入力層に観測点を取りすぎたことが原因の一つとして考えられる。またTestCase4はmodel 1で $T_L$  0.5hの時、CCが約0.86、2.5hの時CCが約0.74となりTestCase1より精度が低くなった。以上の結果の傾向は枕崎でも同様であった。

ここでは全てのあびきに対して同じモデルで予測することを想定し、検討した全てのTestCaseと $T_L$ における精度を平均値として評価し、適切な観測点候補を選定した。その結果、観測点候補は精度指標ごとに異なり、長崎では表-2、枕崎では表-3のようになった。

表-2 精度指標ごとの上位3点の値と観測点候補(長崎)  
( )内の数値は観測点番号

CC	RMSE(m)	diffMAX(m)	diffMIN(m)
0.795(5)	0.184(7)	0.278(8)	0.188(4)
0.788(7)	0.189(5)	0.286(4)	0.213(7)
0.779(13)	0.191(4)	0.293(5)	0.220(8)

表-3 精度指標ごとの上位3点の値と観測点候補(枕崎)

CC	RMSE(cm)	diffMAX(cm)	diffMIN(cm)
0.859(11)	2.535(13)	2.018(8)	1.991(11)
0.854(13)	2.562(9)	2.142(12)	2.040(3)
0.844(1)	2.586(11)	2.223(5)	2.252(4)

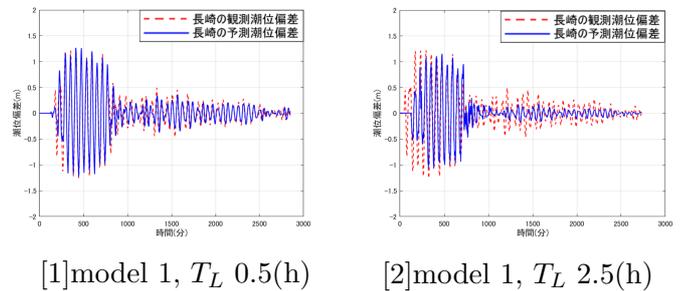


図-2 長崎での予測結果(TestCase1, 観測点5データ利用)

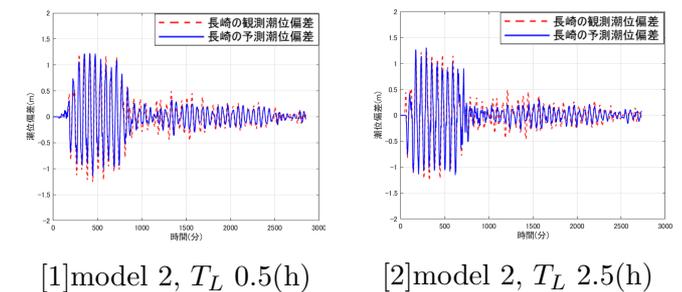


図-3 長崎での予測結果(TestCase1)

6. 結論

数値計算の結果を利用してあびき予測のためのNNを構築し、 $\theta$ ,  $V$ の異なる4caseで長崎・枕崎でのあびきの予測精度を検証した。既往研究<sup>1)</sup>と精度を比較し、本研究のNNの方が概ね高い予測精度であることを示した。対象地湾内と外洋の1点を入力値としたモデルで $T_L$  2.5h程度と長い時に、初期のピーク値の予測精度が低く、外洋の観測点を15点に拡大するとその予測精度が改善されることが示された。しかしmodel 1の方が高精度の場合もあり、今後は入力値に用いる観測点・湾の組合せを考えたさらなる検討が必要である。

精度評価に基づいて観測点候補を選定した(表-2, 表-3)。その結果を踏まえると、概ね長崎では北緯31.5°~32.5°, 東経127°~128°(観測点番号4, 5, 7, 8)枕崎では北緯30.5°~31.5°, 東経128°~129°(観測点番号8, 9, 11, 12)の範囲が候補地に挙げられる。

参考文献

- 1) 中條 壯大, 山口 龍太, 外村 隆臣, 金 洙洙: ニューラルネットワークモデルを用いた九州西岸域のあびき予測に関する基礎的研究, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol. 72, No. 2, pp.L181-L186, 2016.
- 2) 池田 奈保子, 新原 亜希子, 山城 徹, 浅野 敏行, 斉田 倫範, 城本 一義, 加古 真一郎: 女島の水位データを用いた九州西岸域における副振動の発生予報に関する検討, 土木学会論文集 B3 (海洋開発), Vol. 70, No. 2, pp.L199-L204, 2014.
- 3) Kim, S.Y., T. Yasuda and H. Mase.: Numerical analysis of effects of tidal variations on storm surges and waves, Applied Ocean Research, Vol.30, No.4, pp.311-322.