

大阪公立大学大学院工学研究科 学生員 ○西崎 悠
大坂公立大学大学院工学研究科 正会員 中條 壮大

1. 研究背景・目的

高速で伝播する微気圧波が沿岸部で長周期の異常水位変動をもたらす現象は気象津波として知られる。気象津波は地形作用で共鳴、共振など複雑な発達過程で増幅し、浸水や係留物の破壊といった被害をもたらす。微気圧波は振幅が数 hPa と小さいため観測や予測が困難で実態は未解明な点が多い。また国内では九州西岸における知見は多いが、台風や前線によっても微気圧波は発生するとされている。重要港湾の多い大阪湾の異常水位変動は港湾機能を低下させるため、微気圧波および長周期波の発生実態を知る必要がある。そこで大阪湾周辺に設置した高精度微気圧計と湾奥部に設置した水位計のモニタリング結果に基づき、2021年の微気圧波の発生実態と水位変動の関係を明らかにすることを目的とした。また、特徴的な幾つかの事例について気象モデル WRF による解析から微気圧の発達過程を明らかにする。

2. 研究手法

大阪市住吉区、神戸市西区、有田市港町の3地点に微気圧計（株式会社ミトミ技研製）を2021/5/19より設置し、0.01 s 間隔で計測した。水位は住之江区南港魚つり園内の観測井に同年3月より水位計（HOBO社製、U20-001-01）を用いて60 s 間隔で計測した。

観測井は地中を通じて海とつながっており、実際の海面との間には位相や振幅の差が見られた。また、対象地は港湾域の沖側端であり、入り組んだ港湾奥部と比べると副振動が顕著に表れにくい傾向が数値解析より明らかとなっている。しかし2021年段階では水位観測が可能な地点は限られていたため、この地点の計測データを分析する。

観測結果は常に微小な気圧変動を含んでいるが、ここでは最大振幅1 hPa以上、変動周期が140分以下の条件を満たしたものを顕著な微気圧波と定義し分析を行った。図-1には一例として2021/11/30から12/1にかけて

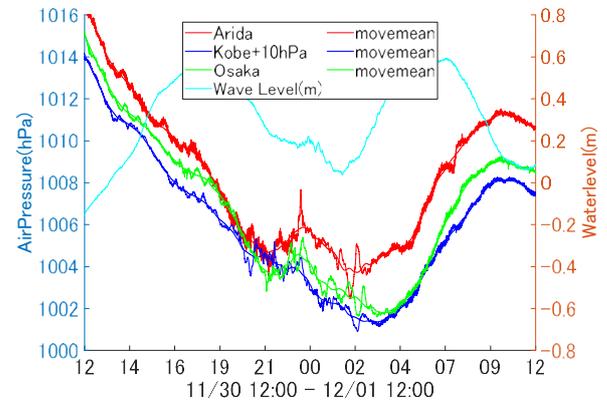


図-1 観測された微気圧変動と水位変動の例
(2021/11/30-12/1)

表-1 推定した微気圧波特性

| 日付 | 5/27 | 6/6 | 8/9 | 8/18 | 8/19 | 10/25 | 11/30 | 12/1 |
|-------------|------|------|------|------|------|-------|-------|------|
| 進行方向(°) | 86.6 | 43.9 | 319 | 21.4 | 91.3 | 115 | 5.9 | 26.9 |
| 速度(km/h) | 118 | 212 | 52 | 98 | 48 | 125 | 155 | 210 |
| 波長(km) | 65 | 61 | 6 | 31 | 14 | 45 | 188 | 188 |
| 最大片側振幅(hPa) | 0.78 | 0.83 | 0.69 | 0.66 | 0.67 | 1.05 | 1.82 | 0.90 |

*進行方向は真北を0°，時計回りを正とする

観測された気圧変動と水位変化を示す。気圧変動に見られる長周期の増減は前線にともなう気圧の谷の通過と対応している。微気圧の変動は常時細かな値が観測されているが、11/30深夜の0時付近で大きな微気圧変動が3地点で生じ、その後の12/1の2時頃にも大きな変動が生じている。また、この時に水位変動にも通常の潮汐では見られない変動が観測されている。

微気圧波が観測され、かつ顕著な水位変動が観測された2021/11/30から12/1の事例と、微気圧変動が長時間継続したが今回は顕著な水位変動が見られなかった同年6/6の事例を対象に、WRFによる微気圧波の発達・通過過程を分析した。WRFの計算条件としては水平解像度を10 kmと3.3 kmの2段階に変化させたネスティング解析を行い、初期値・境界値としては6時間毎のNCEP客観解析データFNLを用いて微気圧波通過前の48時間を解析した。

3. 研究結果

観測開始日から2021年末にかけて、微気圧波が3地点全てを同時期に通過したのは表-1に示す8事例であった。微気圧変動の到達時刻と観測地点間の位置関係から、微気圧波の進行速度、進行方向、振幅と波長を推定した。ここでは十分な幅を有する正弦波が一定方向・一定速度で減衰せずに進行する事を仮定した。表-1にはその結果をまとめている。8/9と8/19を除いて、多くのケースで進行速度が100 km/hを越えており、微気圧波は通常の台風などと比べると高速度で移動しているものと推測される。波長については、極端に小さな値を示す8/9と8/19を除けば、30～60 kmであり、11/30と12/1の事例では200 km近い値となっている。ただし、波長については、定点における気圧変動のどの時刻に峰や谷が通過したとみなすかは難しい問題である。

微気圧波の進行方向については、多くは北や北東方向に進行しており、一部は北西や南東に進んだと推定されたものがある。仮想微気圧波を外力とした大阪湾における長波伝播解析をした結果によると、微気圧波が北東進する際に、大阪湾奥で最も水位の変動が増加する。また、進行速度が大阪湾のプラウドマン共鳴条件に近い場合にも水位変動量が大きくなる。ここから、微気圧波が北東進する6/6、11/30、12/1や進行速度が比較的遅い8/18の条件では水位変動が顕著となる可能性がある。

観測水位から大阪における天文潮位を差し引くことで、異常水位変動を分析した。この時、観測値は水位変動の時間差と振幅を通常時の比較から補正している。表-1にあげた8事例のうち、11/30～12/1には10 cm程度の水位変動が観測されたが、他の事例では顕著な水位変動は観測されなかった。一方で、大阪における気象庁の副振動の記録では多くの事例で顕著な副振動が観測されていた。この原因としては、観測井内の水位と海面の応答特性、もしくは前述のように観測地点の特性によるものである可能性も否定できないため、今後の他地点での水位観測結果との比較や、長波伝播解析などを踏まえた検証が必要である。

図-2はWRFの解析値(海面更正気圧)と実測値の比較である。両者で11/30の23:03頃に最大片側振幅が1.6 hPa以上の変動が見られる。また、WRF結果から得た気圧の空間分布から、南北に伸びる前線の移動とともに高速で伝播する気圧微変動が数時間かけて大阪湾上を北

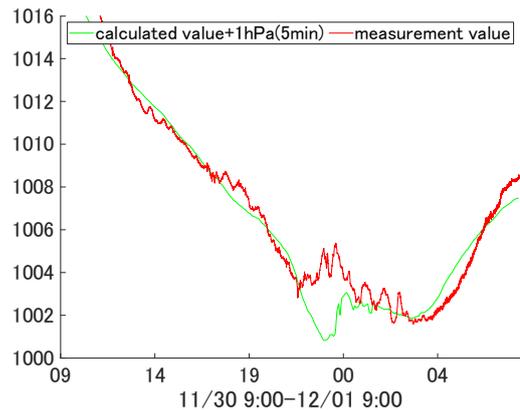


図-2 微気圧変動の観測値(大阪)と解析値(5分間隔)の比較 (2021/11/30-12/1)

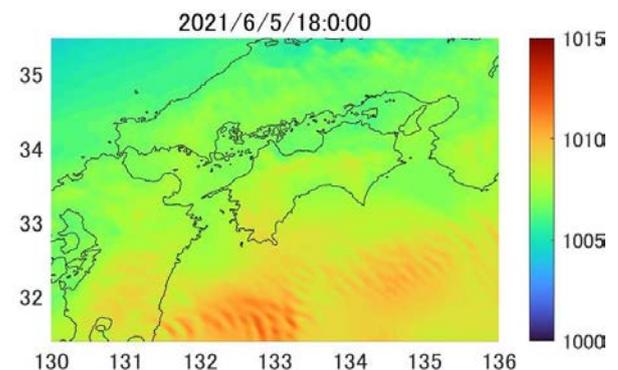


図-3 2021/6/5 に四国南の海を北東進した微気圧波

東進する様子が伺えた。これらの結果から、数 hPa の振幅を持つ微気圧波が数時間かけて大阪湾上を北東進したことが確認できた。6/6に複数回の微気圧波が観測された事例の解析結果からは、6/5頃より前線と干渉して温帯低気圧化した台風の位置を起点として、多数の微気圧波群が長時間発生したことが示された(図-3)。既往研究より、波群がもたらす気象津波は単一波が作用する時よりも増幅することが知られている。よって、前線や台風の位置関係によっては大阪湾でも顕著な気象津波が生じる可能性があったと推測される。

4. 主要な結論

大阪湾周辺においても、年間を通じて顕著な微気圧波が発生していることが明らかとなった。顕著な水位変動が観測結果から示された事例は少なかったが、気象庁の副振動記録との対応は見られた。また、WRF解析より微気圧波群が卓越する気象事例の一端を明らかにした。

参考文献

- 1) 田中健路・伊藤大樹・昌子舜, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol. 72, No. 2, I_187-I_192, 2016.