

第Ⅱ部門

大阪湾上を通過する微気圧波群の進行特性と気象津波の発達特性の関係

大阪市立大学 工学部 都市学科 学生員 ○寛長 直樹

大阪市立大学 大学院工学研究科 都市系専攻 正会員 中條 壮大

1. 背景と目的

港湾に入ってきた長周期波は減衰が小さく、荷役障害を引き起こし、港湾の国際競争力を低下させる。またその流動によって係船索や浮体構造物の被害も生じることがある。台風などの明確な低気圧や継続的な強風によって生じる長周期波については、ある程度の予見が可能である。しかし、前線や低気圧などから派生する微気圧波によって生じる長周期波（気象津波）については、その因子である微気圧波の振幅が小さいために、天気図にも気象庁の数値予報にも表れることはない。そのために、不意に生じる水位変動の被害を予防することが困難となっている。

微気圧波の検知が難しいことから、各地の微気圧波の発生状況はよく知られていないが、実際に気象津波が発生した事例は幾つも報告されている。例えば九州西岸域は「あびき」と呼ばれる気象津波の高頻度地帯である。大阪湾においても、1954年11月1日に日本海から東シナ海にかけて発達した寒冷前線を起源とすると思われる波高32 cmの顕著な長周期波が発生している。また、外洋を台風が通過した際に生じる大気擾乱も長周期波をもたらす一因である。

気象モデルを用いた微気圧波の予測については、境界値の解像度不足もあって難しい。ここから、仮想微気圧波を非線形長波方程式の外力として与える検討がこれまでになされてきた。実際の微気圧波の挙動は不明な点があるにしても、仮想の微気圧波特性を変化させた際に生じる気象津波の発達特性を把握しておくことは、対象地の気象津波ポテンシャルの評価において重要である。

このような背景から、気象津波の知見がそれほど多くないが、重要港湾の多い大阪湾を対象に、仮想微気圧波の進行特性を変化させた際の気象津波の発達特性について数値シミュレーションに基づく検討を行った。

2. 研究の方法

仮想微気圧波は正弦関数として与え、進行方向 θ を $-100^\circ, -50^\circ, -20^\circ, 80^\circ, 130^\circ, 160^\circ$ （東を 0° で反時計回

りを正）の6通りで変化させ、大阪湾上を通過するようにした。これは前述の寒冷前線事例や台風の方位を参考に与えた。進行方向が負となるのは日本海側から進行してくるケースに相当する。微気圧波の速度 V は $80 \sim 200 \text{ km/h}$ で 10 km/h 毎に変化させ、波長 L は $70, 130 \text{ km}$ の2通りで比較し、計156通りの条件を設定した。台風の進行速度と比較すると進行速度はかなり速いが、これは九州西岸域におけるあびきの研究で推定されている進行速度を参考に決定した。微気圧波の振幅 A や波の数 N 、波幅 W も気象津波の増大に重要なパラメータであるが、今回はこれらを $A = 1.5 \text{ hPa}$, $N = 5$, $W = 400 \text{ km}$ と一定とした。気圧変化は微小であるため、これにともなう風速は無視できるとして考慮していない。

海面の変化や流動は非線形長波方程式を3段階のネスティング計算でリープフロッグ法により解くことで求めた。外側の計算領域としては 2430 m 格子で北緯 29.5° 付近から西日本を覆うように設定し、次の 830 m 格子では高松を含む播磨灘、大阪湾、紀伊水道から室戸岬、串本より約 20 km 沖合までを覆う領域を設定した。最小領域は 270 m 格子で西は加古川、南は和歌山港までを含み海峡部分の流動計算が十分に解けるように大阪湾内を高分解能で表現した。ここでは潮汐の影響を考慮せず平均海面で計算を開始した。

3. 結果

図-1に代表地点として大阪湾奥の大阪検潮所と阪南港付近の2地点における最大潮位偏差 h_{max} と微気圧波進行特性との関係を示す。微気圧波の振幅を考えれば静的な吸い上げ効果による水位上昇は数cm程度である。しかし、実際には湾内の共振現象や、Proudman共鳴によって水位の高まりが生じて $10 \sim$ 数 10 倍の水位上昇をもたらしており、 h_{max} は過去の気象津波記録と同等程度といえる。大阪においては進行速度の増加によって 110 km/h と 170 km/h 付近で h_{max} に大きく2つのピークが生じている。特に後者では阪南港でも h_{max} が増大している。

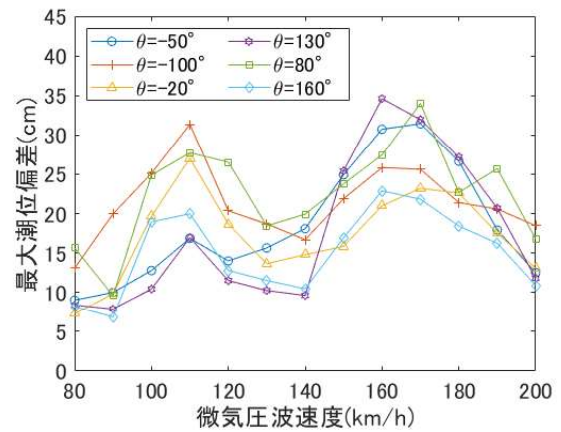
湾奥の大阪では、特に北東－南西方向の大阪湾の長軸方向に微気圧波が進行すると全般的に h_{max} は大きくなる。一方で北西－南東方向の短軸方向に進行する際には $V=110$ km/h では相対的に h_{max} が小さい。しかし、 $V=170$ km/h 付近では短軸方向に進行すると h_{max} は大きな値を示す。大阪湾の東岸中央部に位置する阪南港では $V=110$ km/h の時に h_{max} は小さいが、 $V=170$ km/h 付近では短軸方向に進行すると大きな h_{max} を示す。特に太平洋側から進行した場合に最大40 cm 超となっており、特異な増幅傾向を示している。こうした一連の傾向は微気圧波の波長が変化すると大きく変化する。波長が倍程度の130 km の場合に大阪で h_{max} が大きくなるのは $V=130$ km/h 付近であり、 $V=80$ km/h 付近の大阪湾内での Proudman 共鳴の作用が大きいと考えられる条件でも h_{max} は大阪、阪南港ともに大きくなる傾向があった。

図-2 は大阪および阪南港における最大水位、最小水位を示す時間帯における潮位偏差の分布である。 $V=110$ km/h, $\theta=-100^\circ$ では大阪湾長軸方向に湾水振動が卓越している。水位変動のFFTから卓越周期を求めると約1.6時間となり、大阪湾の固有周期と一致する成分が大きいことがわかる。一方で $V=170$ km/h, $\theta=130^\circ$ では同様の湾長軸方向の振動も存在するが、湾の東西方向の振動も顕著であり、中央部の阪南港付近での変動が顕著に表れていることがわかる。卓越周期は約1.0時間と先のケースと比べて短い固有周期の振動が顕著である。また h_{max} の大きなケースほど特定の周期帯にエネルギーが集中する傾向にあった。

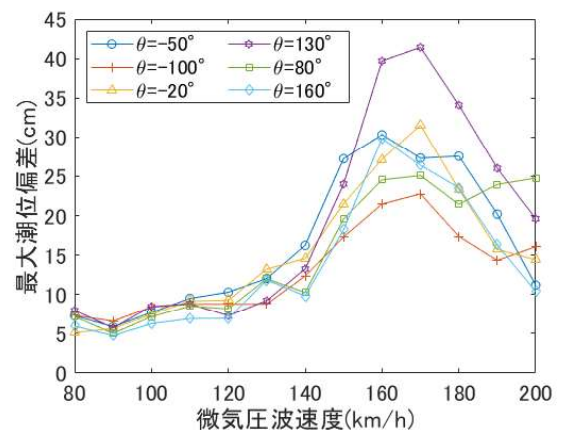
4. 結論

振幅が1.5 hPa と小さな微気圧波であっても、高速度で大阪湾内に進行すると条件によっては吸い上げ効果の数10倍ほどの気象津波を引き起こすことを示した。特に $V=110$ km/h と170 km/h 付近では顕著な増加を示し、湾長軸方向に進行する場合にはいずれの場合も最大潮位偏差 h_{max} は大きくなるが、 $V=170$ km/h では湾短軸方向に進行する場合に大きく、特に太平洋側からの進行時に顕著となった。 h_{max} が大きくなるのは湾の固有周期と一致するエネルギーが大きい場合であり、湾水振動が大きい結果として現れている。

270m 解像度の計算では、港湾スケールにおける気象津波の増幅を検討するには解像度不足であり、今回の結果を踏まえて詳細な検討が今後必要である。また、広域の水位変動パターンから、海峡部分を通じた播磨

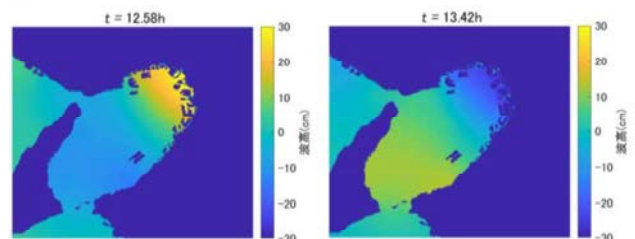


(a) 大阪

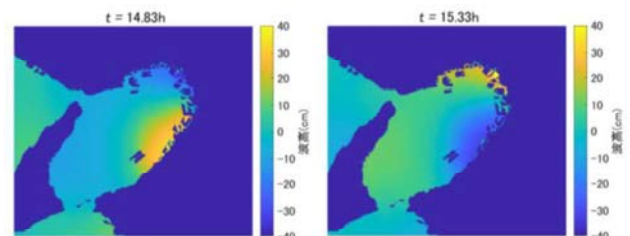


(b) 阪南港

図-1 微気圧波進行方位および速度と最大潮位偏差 h_{max} の関係



(a) $V=110$ km/h, $\theta=-100^\circ$, $L=70$ km



(b) $V=170$ km/h, $\theta=130^\circ$, $L=70$ km

図-2 代表時刻における潮位偏差の分布

灘、紀伊水道との運動量交換の影響は無視できないと思われたので、その影響分析も必要と考えている。