

津波シミュレーションを用いた津波・副振動エネルギーの減衰過程に関する研究

愛媛大学 学生会員 ○吉良郁美 JR 西日本 非会員 馬場崇弘
愛媛大学 正会員 藤良太郎 愛媛大学 正会員 日向博文

1. 背景・目的

津波が襲来した場合、様々な被害が発生するが、復旧作業を開始できるのは津波警報が解除されてからである。迅速な復旧作業を行うためには、津波警報解除のタイミングが重要となる。複雑な地形を有する沿岸域においては、津波警報解除のタイミングは副振動がいつ収まるかが判断基準となる。したがって、適切なタイミングで警報を解除するためには副振動の減衰過程を把握する必要がある。副振動の減衰過程の理解は、言い換えれば、特定の海域に流入する長波エネルギーフラックスに対する海域の応答特性を把握することである。このうち湾の応答特性は予め検討することが可能である。そこで、本研究ではエネルギーフラックスに着目した副振動の減衰過程について調べることを目的とする。特に、バンドパスフィルタを用いることで2つの異なる周期帯のエネルギーフラックスの時間変動特性について検討する。

2. エネルギーフラックスの計算

エネルギーフラックスの計算に用いる津波流速や水位変動は、線形長波理論に基づいて開発された数値モデル⁽¹⁾を使って計算した。支配方程式は、質量保存則と鉛直積分をしたナビエ・ストークス方程式である。続いて、この数値計算から得られた流速と水位から以下の式に基づいてエネルギーフラックス (W) を計算した。

$$W = (W_x, W_y) = \frac{\rho}{2} (u^2 + v^2) (\eta + h) \times (u, v). \quad (1)$$

ここに ρ は海水の密度、 u と v はそれぞれ東西方向、南北方向の鉛直平均流速、 η は静水面からの水位偏差、 h は水深である。津波初期波形としては、内閣府南海トラフの巨大地震モデル検討会⁽²⁾で提示された初期水位分布（ケース 3）を用いた（図 2a）。

エネルギーフラックスは、図 2b に示すように紀伊水道から大阪湾を縦断するラインに沿った成分の時間変化を計算格子点毎に計算した。さらに、エネルギーフラックスについて詳細に検討するために、エネルギーフラックスを 30–90 分周期帯と 90–200 分周期帯とにバンドパスフィルタを用いて分離し、それぞれの周波数帯成分の伝播状況を調べた。バンドパスフィルタを用いることにより、特定の周波数帯のエネルギー変動のみを抽出することが可能となる。

3. 結果と考察

3.1 90–200 分周期帯のエネルギーフラックス

紀伊水道から入射する波に含まれるエネルギーは時間経過とともに減衰することはない同じ強さを保っている（図 3a）。入射したエネルギーは友ヶ島水道で一部が反射し、残りは大阪湾に伝搬し、湾奥で反射して戻っている様に見える。90–200 分周期帯では入射エネルギーはあまり時間変化しないので、その結果、大阪湾内と紀伊水道に安定的に副振動が発生している。ただし、入射波・反射波エネルギーともに大阪湾奥では非常に弱く

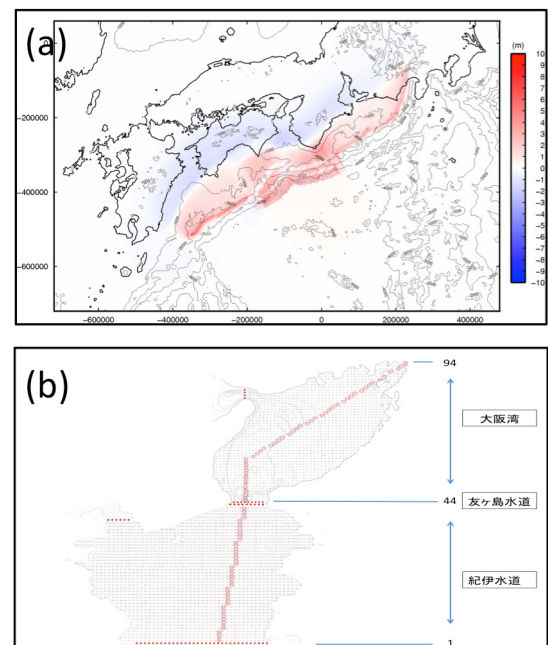


図 2 (a)初期水位（ケース 3）、(b)エネルギーフラックス計算断面

なっていることが分かる．これは、大阪湾奥に設定した計算格子点がエネルギーの伝播する場所とずれているためだと考えられる．

3.2 30-90 分周期帯のエネルギーフラックス

30-90 分周期帯でも入射したエネルギーの一部は友ヶ島水道で反射し、残りが大阪湾内へと伝搬し湾奥で反射する．そして湾奥で反射した反射波の一部は再度友ヶ島水道で反射し、残りが水道を通り抜け紀伊水道へと伝播する．

計測開始時刻の入射エネルギーは 90-200 分周期帯に比べて大きい、100 分頃に入射するエネルギーが一旦小さくなり、350 分頃には再び入射エネルギーが大きくなっていることがわかる（図 3b）．この周期帯では時間経過とともに入射するエネルギーが大きく変動しており、600 分以降エネルギーが急激に減衰することがわかる

反射エネルギーに着目すると、大阪湾奥で反射した波はエネルギーを保ったまま友ヶ島水道を通過し、紀伊水道まで到達している．反射した波に含まれるエネルギーは、途中で減衰していないが、これは海底摩擦を考慮していない事が 1 つの原因だと考えられる．

3.3 比較

以上から分かるように、90-200 分周期帯では入射エネルギーが安定していたのに対し、30-90 分周期帯では大きさが時間と共に変動するエネルギーが入射していた．

その結果、短周期帯では副振動が安定して発生していなかった．しかしながら、両者のエネルギーの大きさには差があり、長周期帯ではエネルギーは安定して入射しているが、その大きさは 30-90 分周期帯に比べ 5 分の 1 程であった．また、30-90 分周期帯では約 400 分以降、入射エネルギーが急激に減衰していることが分かる．この様にエネルギーフラックスに着目し、その変動メカニズムを把握することができれば、津波警報を適切なタイミングで解除できる可能性がある．

4. まとめ

内閣府ケース 3 地震によって発生した津波による大阪湾から紀伊水道にかけての縦断面に沿ったエネルギーフラックスについて検討した．その結果、90-200 分周期帯での副振動エネルギーは 30-90 分周期帯のエネルギーに比べ小さいが、副振動を継続的に発生させていることが分かった．一方、30-90 分周期帯では入射エネルギーは大きいものの、時間的に大きく変動するため、紀伊水道から大阪湾にかけては副振動が安定的に発生せず、また、入射エネルギーは 400 分以降減衰し、その結果副振動が収まっていた．この様に、減衰過程を把握するためにはエネルギーフラックスに注目することが有効であると考えられる．

謝辞 本研究は科学研究費（課題番号 16H04419）の補助、および総務省 SCOPE（受付番号 165011003）の委託を受けて行った．

参考文献

- (1) 藤良太郎, 日向博文, 藤井智史, 永松宏, 小笠原勇, 伊藤浩之, 片岡智哉 and 高橋智幸, 2015. 仮想津波観測実験に基づく海洋レーダ津波検知距離の検討. 土木学会論文集 B2(海岸工学), 71(2), pp.I_337-I_342.
- (2) 内閣府, 2012. 南海トラフ巨大地震モデル検討会（第二次報告）津波断層モデル編-津波断層モデルと津波高・浸水域等について-. 100pp.

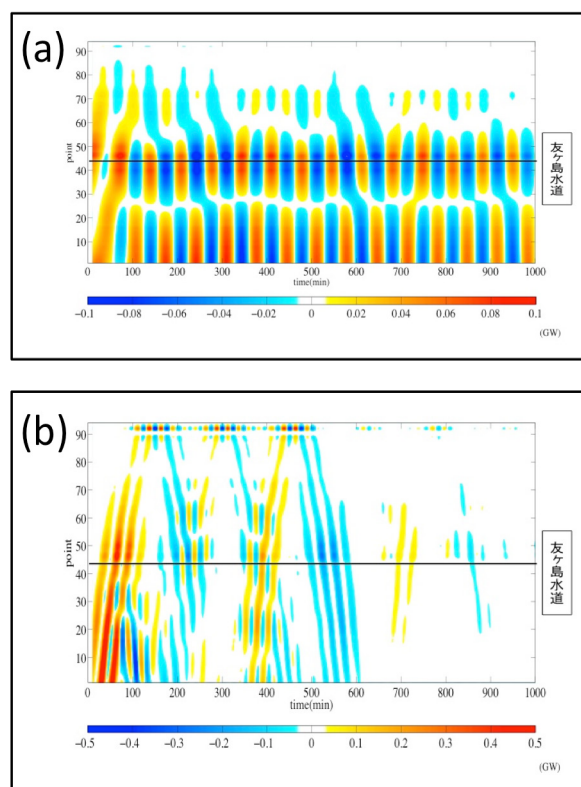


図 3 (a)紀伊水道・大阪湾における副振動エネルギー, (b)紀伊水道・大阪湾における入射反射エネルギー