

日本沿岸の主要 4 分潮の季節変動について

九州大学工学部 学生会員 室山怜太郎
九州大学大学院 正会員 田井明

1. はじめに

潮汐とは主に月と太陽が地球に及ぼす引力と遠心力による天文潮と気象潮を合わせた「起潮力」によって発生する海水面の上下運動のことを言う。潮汐は沿岸海洋の物理環境を支配する重要な現象であり、潮の満ち引きによる海水の循環に貢献する。近年、気候変動による海面上昇が大きな問題になっており、IPCC 第 5 次評価報告書¹⁾によれば、世界平均海面水位は 2100 年には最大で 1m 近く増加する可能性が指摘されている。この海水面の上昇に加えて潮汐が季節変動すると、沿岸の生態系へ与える影響は大きく、さらに地球温暖化の進行によってこの動きが加速する恐れもあるが、潮汐の長期変化については未知の部分が多い。本研究では潮汐振幅の季節変動について検討を行う。潮汐振幅が季節変動をすることは以前より知られているが、その詳細なメカニズムは不明で、さらに海域ごとに変動が起こる要因も異なることが分かっている²⁾。遥山ら³⁾によれば日本各地でも潮汐が季節変動することは明らかになっているが、やはり詳しいメカニズムは明らかになっていない。そこで、これまでの研究で M_2 潮振幅の経年減少が観察された有明海に注目しつつ、日本沿岸全域にわたる潮汐振幅の季節変動を調査し、その変動メカニズムの解明を本研究の目的とした。

2. 解析の概要

日本海洋データセンターより、日本全国の 60 か所の検潮所から潮汐データを入手した (図 1)。検潮所は日本沿岸をまんべんなく覆うように、1970 年から 2021 年までのなるべく多くの期間観測している検潮所を選択した。各地点について、冬季 (1 月 1 日から 2 月 28 日) と夏季 (7 月 1 日から 8 月 28 日) を対象に解析期間を 58 日として調和解析を行い、主要 10 分潮に分解した。解析された 10 分潮のうち、振幅が大きく潮汐への影響が大きいと考えられる主要 4 分潮 (M_2 潮, S_2 潮,

O_1 潮, K_1 潮) と平均海面水位について、冬季と夏季の振幅の違いを調べた。夏季と冬季の違いの有無は各年ごとに対応のある t 検定 ($p < 0.05$) により統計学的に判定した。

3. 解析結果

まず、平均海面水位 (以下、MSL) の解析結果を示す (図 2)。MSL は北海道の 3 地点 (網走, 花咲, 釧路) を除き、ほとんどの地点で夏季の方が大きかった。次に、 M_2 潮の結果を図 2 に示す。太平洋側では基本的に夏季の振幅が大きいですが、南日本太平洋側で夏季と冬季で変動がみられない地点が存在した。また、東京湾や伊勢湾のように湾の中と外で傾向が異なる現象も見られた。日本海側では一貫して冬季の方が大きく、瀬戸内海では中央部と大阪湾で傾向が異なるといった海

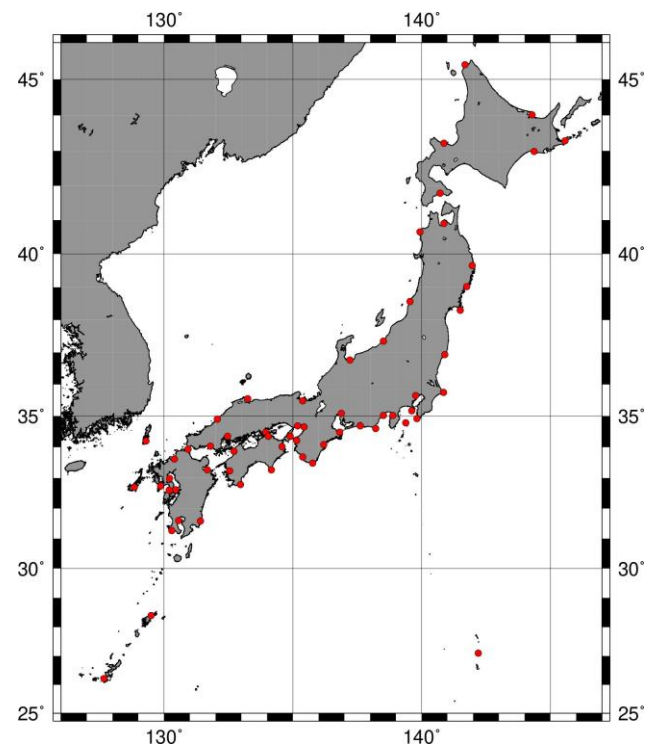


図 1 解析対象の検潮所 60 か所

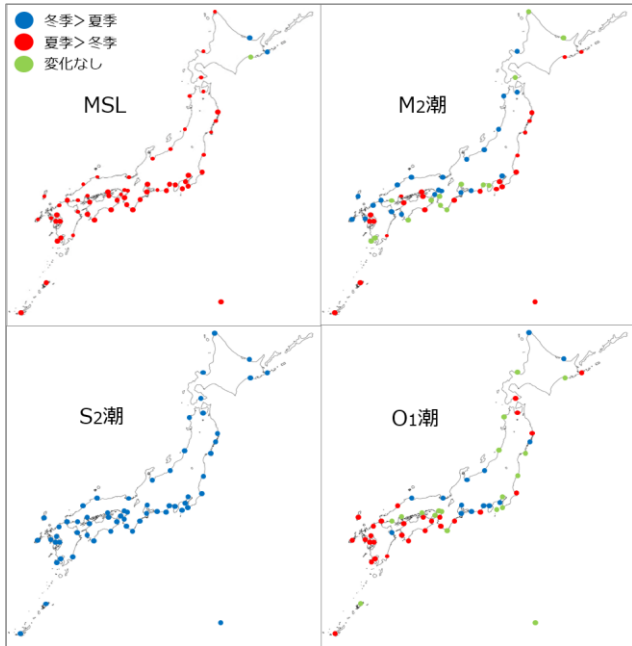


図2 MSL と 3 分潮の分布

域による違いがみられた。次に S₂ 潮は、日本全国で一様に冬季の方が振幅が大きかった。O₁ 潮は、九州地方や四国地方など西日本には夏季の方が振幅の大きい地点が多く、中部地方には冬季の方が大きい地点が多く見られた。北海道や東北地方では分布に特徴が見られなかった。最後に、K₁ 潮については、複数の地点 (16 地点) において、冬季に正常とは考えにくい極端な変動がみられた。この理由としては、K₁ 潮は同じ主要 10 分潮に含まれる P₁ 潮や S₁ 潮と周波数が近く、解析精度が低かったためと考えられる。

4. 考察

MSL と M₂ 潮, S₂ 潮, O₁ 潮をそれぞれ比較すると、MSL の結果と対応があるのは S₂ 潮のみである。M₂ 潮が MSL と対応していないことから、潮汐の季節変動の原因として海面変動は考えにくい。ただし、S₂ 潮に関しては、MSL と夏冬で真逆の対応が見られたため、海面変動と潮汐変動は何かしらの関係性を持っている可能性はある。続いて、同じ半日周潮である M₂ 潮と S₂ 潮の結果を比較すると、これらにも対応は見られない。よって、分潮の周期が同じであっても近い変動が見られないことから、潮汐の季節変動は分潮の周期には無関係に発生する可能性が高いことが考えられる。

潮汐変動の原因を探るにあたって、分潮の中で最もその合成波としての潮汐に与える影響が大きいのが M₂ 潮である。Ray¹⁾の研究では、M₂ 潮が季節変動する原因として天体運動の影響、非線形作用、気候プロセ

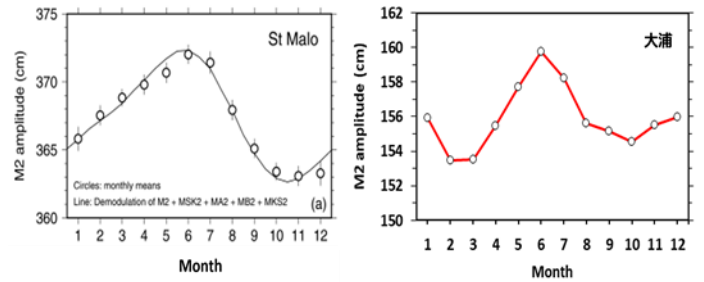


図3 St Malo (Ray, 2022 より) と大浦の M₂ 潮季節変動 (1998 年から 2002 年の平均)

スの 3 要素を挙げている。そのうち、非線形作用による季節変動の例としてフランスの St Malo での M₂ 潮の 1 か月ごとの変動が示されている (図 3 左)。これを有明海大浦での変動 (図 3 右) と比較すると、6 月にピークがあることが共通しており、大浦についても St Malo と同じメカニズムで M₂ 潮が季節変動している可能性が考えられる。よって、有明海周辺でさらなる解析が必要である。また Schindelegger et al.⁴⁾が行ったシミュレーションによると、アメリカのメイン湾で 3 月から 4 月にかけて M₂ 潮振幅が最大になったのは、海中の密度成層の発達による内部潮汐の影響によるものであるとしている。以上のように、季節変動の原因が様々研究されており、日本沿岸においても海域毎に複雑な要因で様々な変化が生じていると考えられる。

5. まとめ

日本沿岸全域について調和解析を行うことで MSL と主要 4 分潮に季節変動があることが分かった。最新の研究によると、支配的な分潮である M₂ 潮の季節変動には様々な要因があると考えられる。講演会においては、日本沿岸における解析期間 1 か月の調和解析の結果と、そこから得られる潮汐の季節変動の原因に関する考察についても報告する予定である。

謝辞 :

本研究は、JSPS 科研費 (21K04276, 19KK0380) の一環として行われた。ここに記して感謝の意を表する。

参考文献 :

- 1) IPCC 第 5 次評価報告書。
- 2) Ray : Ocean Science, Vol. 18,1073-1079, 2022.
- 3) 遙山ら : 九州大学総合理工学報告, Vol. 26, No.3, pp.365-372, 2004.
- 4) Schindelegger et al. : Geophysical research Letters, Vol. 49, No.24, e2022GL101671, 2022.