

Notice to Mariners

追い波でのパラメトリック横揺れに注意

2020 年から 2021 年の冬季、コンテナ損失を伴う大事故が多発しました。これを受けて、同種事故の再発防止対策を探るため、業界による共同プロジェクト（The TopTier project）が展開され、追い波でのパラメトリック横揺れが特に危険であることが明らかとなりました。追い波でのパラメトリック横揺れ防止に際し、コンテナ船の乗組員並びに運航に関わるスタッフがどのように計画、認識し、行動に移したらよいか説明します。

危険性とその根拠について

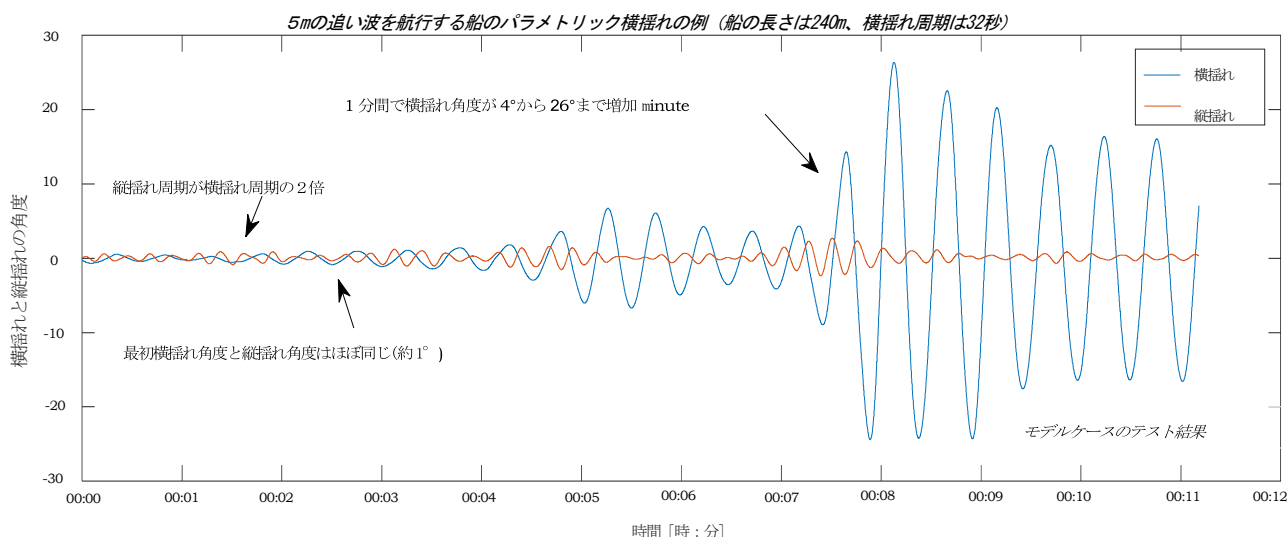
コンテナ船は、追い波状態においてパラメトリック横揺れの影響を受けやすい船種です。船の横揺れ周期、船の速度、針路、そして波の状態の組み合わせにより、突然、船と乗組員、貨物の安全を脅かすレベルにまで船の横揺れが急増加することがあります。この現象は比較的穏やかな波高で発生することもあります。

パラメトリック横揺れとは？

パラメトリック横揺れは次のような状況で発生する可能性があります。

- 横揺れ周期が波との出会い周期の 2 倍であるとき
- 波長が船の長さの範囲内であるとき

上記の状況下では、船を通過する波が水線面積に変化を引き起こし、船の横揺れが発生する可能性があります。これは、向かい波の荒天下で最も多く発生しますが、横揺れ周期が長くなる追い波でも発生する可能性があります。下図の船体動揺の測定グラフが示すように、わずかな高波が発生した場合でも、予期しない大きな横揺れが引き起こされる可能性があります。なお、船の長さは 240m、固有横揺れ周期は 32 秒、5m の追い波で進行しています。



どのような場合に警戒すべきか？

GM の小さい船は追い波でパラメトリック横揺れを発生しやすく、斜め船尾方向から波長の長い波を受ける場合は特に注意が必要です。長期的なルーティングと短期的な操船において、以下のような状況では追い波におけるパラメトリック横揺れに警戒してください。

- GM が小さいことにより、船の横揺れ周期が長い場合（船の長さが 250m 以上の船で横揺れ周

期が 20 秒を超える場合)。なお、GM から計算で求めた横揺れ周期は必ずしも正確ではないため、横揺れ周期は出航後に実際に測定してください。

- 追い波（もしくはそれに近いもの）が予想されたり、実際に波を受けたりした場合。
- 横揺れ周期が波との出会い周期の 2 倍である場合。波との出会い周期は縦揺れ周期と等しく、ストップウォッチを使用して測定することができる。
- 波長が船の長さの 2/3 以上の場合。

航路計画の時点で、船の速度、予測される風、波の周期と方向により波との出会い周期や波長を計算し、上記の状況を予め避けてください。（詳細については次ページをご参照）。

最初の兆候やリスクの増加を認識するにはどうすべきか？

パラメトリック横揺れは、突然予想もしていなかったときに発生することがあります。これを防ぐには、乗組員が早い段階でこのような状態と危険の兆候を認識できなければなりません。明らかな兆候は、波が船体の下を通過する際に穏やかな横揺れと縦揺れが同時に起こるときです。特に、船が連続する縦揺れと全く同時に左右交互の横揺れをしているときは注意してください。これは波との出会い周期が横揺れ周期の半分に近い状況を示しており、このような状況下では、波が十分に高ければいつでもパラメトリック横揺れが発生しうるからです。

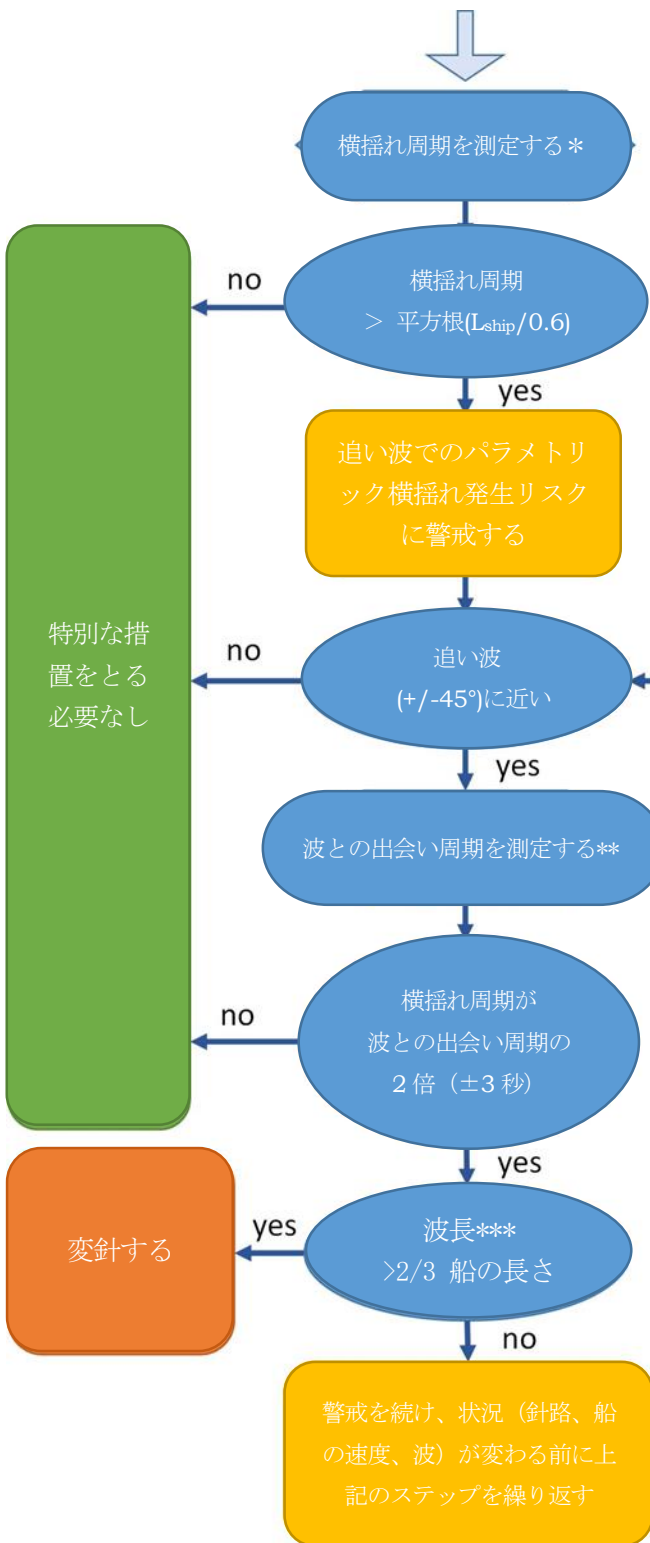
発生してしまった場合どうすべきか？

横揺れ周期と波との出会い周期が同時にならないようにしてください。これを直接防ぐ方法は、横波か斜め向い波方向に変針することです。急な操舵は避けてください。船の速度を上げながら変針することもできますが、その他の危険のリスクを生じさせない場合に限りです。変針は意外な方法に思われるかもしれませんが、追い波でのパラメトリック横揺れのリスクを下げる唯一の方法です。

TopTierJIP の主導でこの Notice to mariners を案内しています。コンテナの損失を伴う事故に対処するため、主なステークホルダーが積極的に参加してこの共同プロジェクト、TopTier が展開されました。今後も追い波でのパラメトリック横揺れの危険性に関するさらなるガイダンスを発信する予定です。詳細については以下のサイトをご覧ください。

<https://www.marin.nl/en/jips/toptier>

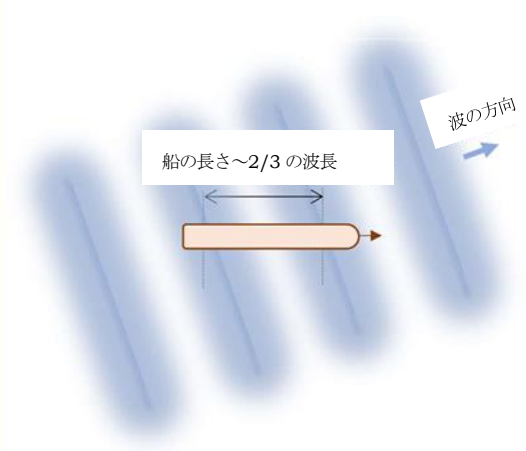
追い波でのパラメトリック横揺れにいつ注意すべきか？



*) 横揺れ周期を測定する：
ストップウォッチを使用して横揺れ10回にかかる時間をはかり、それを10で割る。

***) 波との出会い周期を測定する：
ストップウォッチを使用して縦揺れ10回にかかる時間をはかり、それを10で割る。

***) 波長を推定する：
波長は船の長さとの比較で推定することができる。



- = 測定/計算
- = 判断ポイント
- = 注意/警戒

横揺れ周期の計算

航海の準備段階で横揺れ周期の正確な査定を行うことは難しいかもしれません。そのような場合は、以下の計算式により波との出会い周期と波長を推定することができます。

$$T_{roll} = \frac{0.86B}{\sqrt{GM_{fluid}}} \quad T_e = \frac{3T_w^2}{3T_w + V \cos(\alpha)} \quad L_w = \frac{1.56T_w^2}{\text{abs}(\cos(\alpha))}$$

T_{roll}	=	推定される船の横揺れ周期 (秒)
B	=	船幅 (m)
GM_{fluid}	=	自由表面をもつ液体による変化も加味した横復原力 (m)
L_w	=	波長 (m)
L_{ship}	=	船の長さ (m)
T_w	=	波の周期 (秒)
α	=	波の方向 (α = 0° は向い波を示す) (度)
T_e	=	波との出会い周期 (秒)
V	=	船の速度 (knots)
abs	=	絶対値
sqrt	=	平方根

以上