

特別回報

外航組合員各位

パラメトリック横揺れにご注意くださいーTopTier レポート

国際 P&I グループ (IG) はオランダ海事研究所 (MARIN) の TopTier プロジェクトのメンバーになりました。このプロジェクトは、あらゆるサイズのコンテナ船、中でも超大型船に特に焦点を当てて、コンテナ損失を伴う海難事故の原因を調査、評価するために設立されています。また、このプロジェクトは海運業界、教育機関、政府などのさまざまな関係者に承認されており、今後 MARIN により推奨事項を含む調査報告書が出される予定となっています。これにより、海上でのコンテナ損失のリスクと根本的な原因の発生を防ぐため、運用上および技術上の改善につながっていくと考えられています。

また、IG は、コンテナ船の運航者、船長、そして乗組員にとって大変重要な、パラメトリック横揺れに関する添付文書 (仮) を受領しました。この文書は技術的なもので、船員や船会社のスタッフにより使用されることを目的としています。本回報は、文書の内容を評価、批評するものではなく、パラメトリック横揺れの現象への注意喚起として発行しています。

国際 P&I グループのすべてのクラブが同様の内容の回報を発行しています。

以上

添付資料： パラメトリック横揺れに関する TopTier レポート (当組合試訳)
TopTier_N2M_ParamatricRollFollowingSeas_V1.1

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

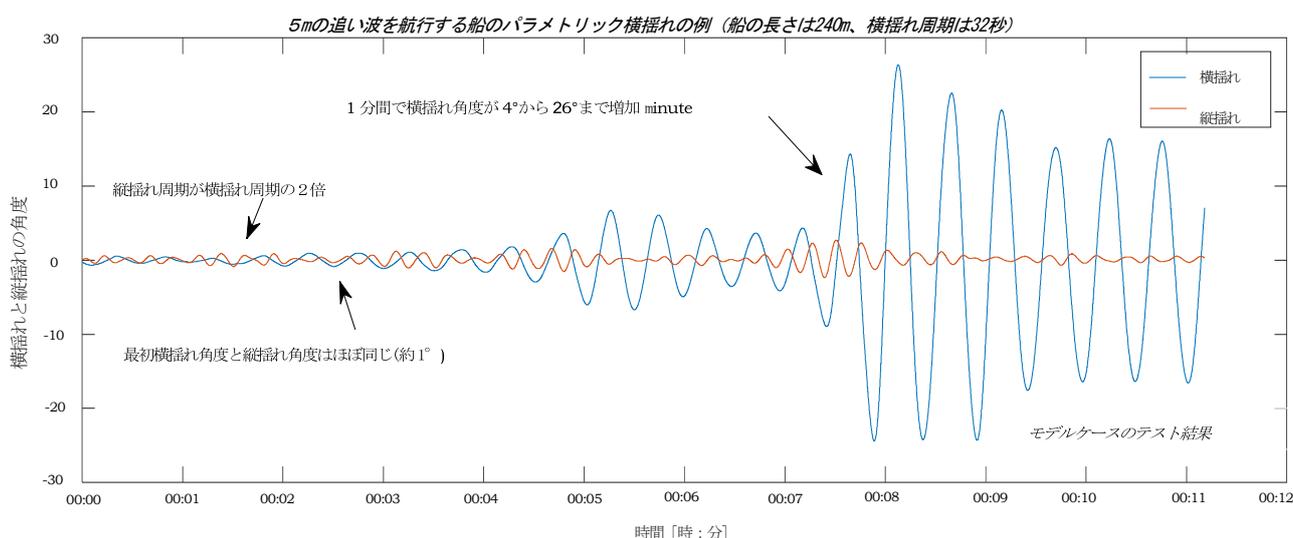
コンテナ船は、追い波状態においてパラメトリック横揺れの影響を受けやすい船種です。船の横揺れ周期、船の速度、針路、そして波の状態の組み合わせにより、突然、船と乗組員、貨物の安全を脅かすレベルにまで船の横揺れが急増加することがあります。この現象は比較的穏やかな波高で発生することもあります。

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。

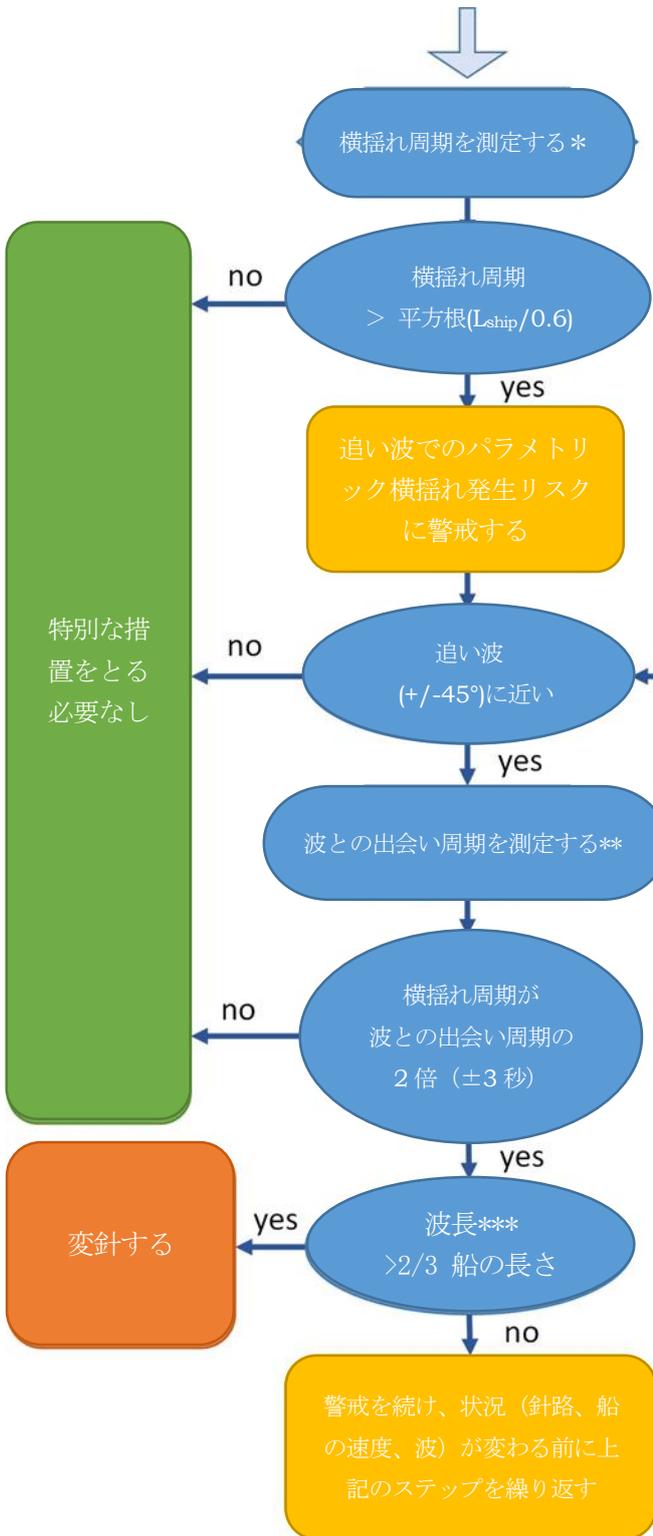
発生してしまった場合どうすべきか？

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>

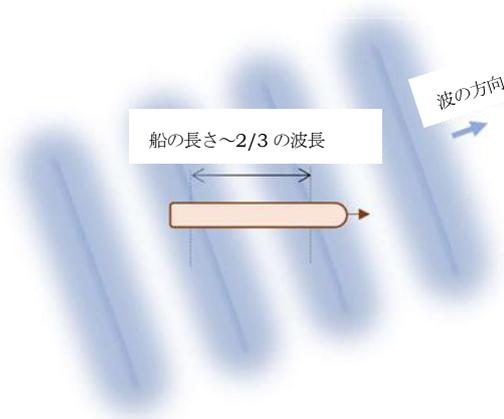
追い波でのパラメトリック横揺れにいつ注意すべきか？



*) 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



Notice to Mariners

Beware of parametric rolling in following seas

A series of incidents with exceptional container losses occurred during the winter season 2020-2021. The TopTier project was put in place by industry to find ways to avoid similar incidents in the future, and initial results show that parametric rolling in following seas was especially hazardous. This notice describes how container vessel crew and operational staff can plan, recognize and act to prevent parametric rolling in following seas.

Hazard & rationale

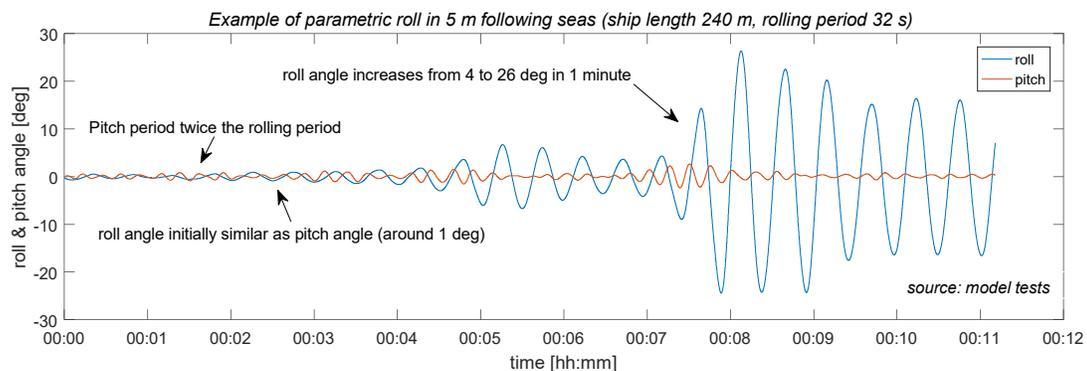
Container ships are also vulnerable to parametric rolling in following sea conditions. Unfavourable combinations of rolling period, vessel speed, heading, and wave conditions, can trigger sudden and extremely rapid increase of roll motions to hazardous levels, threatening the safety of vessel, crew and cargo. This can happen in relatively mild wave heights.

What is parametric rolling?

Parametric rolling can occur when:

- The rolling period is twice the wave encounter period
- Wave lengths are in the range of the vessel length

In these conditions the passing waves cause a variation in waterplane area that can trigger vessel instability in roll. This is most common in heavy head seas, but can occur also in following seas, when the rolling period is long. Even a few high waves after each other may trigger unexpected large roll motions, as shown by the measured time traces of roll and pitch motions in the figure below. In the example, the ship is 240m long with a natural roll period of 32s and is sailing in a 5m following sea.





When to be alert?

Ships at low GM are vulnerable to parametric rolling in following seas, especially when there are waves with a long length from the stern quarter. Long term routing and short term vessel handling should consider the risk of parametric rolling in following seas when:

- Vessel rolling period is long because of low GM (rolling periods in excess of 20s for ships with length above 250m). The rolling period should be measured after departure, as rules of thumb based on GM are not always accurate.
- Following sea conditions (or close to) are expected or experienced.
- The rolling period is twice the wave encounter period. The wave encounter period is equal to the pitching period and can be measured with a stopwatch.
- Wave lengths are longer than two-thirds of the ship length.

The combination of above conditions should be avoided already in route planning by calculating the wave encounter period and wave length using the vessel speed, the forecasted wind and swell wave periods and direction (see next page for details).

How to recognize the first signs or increasing risk?

A vessel can go into parametric rolling very suddenly and unexpectedly. To prevent it, crew should therefore learn to recognize the conditions and danger signs at an early stage. Tell-tale behaviour is the synchronisation between the gentle roll and pitch motions as waves pass underneath, especially when the vessel starts rolling alternately from port onto starboard shoulder in perfect sync with successive pitching cycles. This indicates that wave encounter periods are close to half of the roll period and in this condition parametric rolling can happen at any time if waves are high enough.

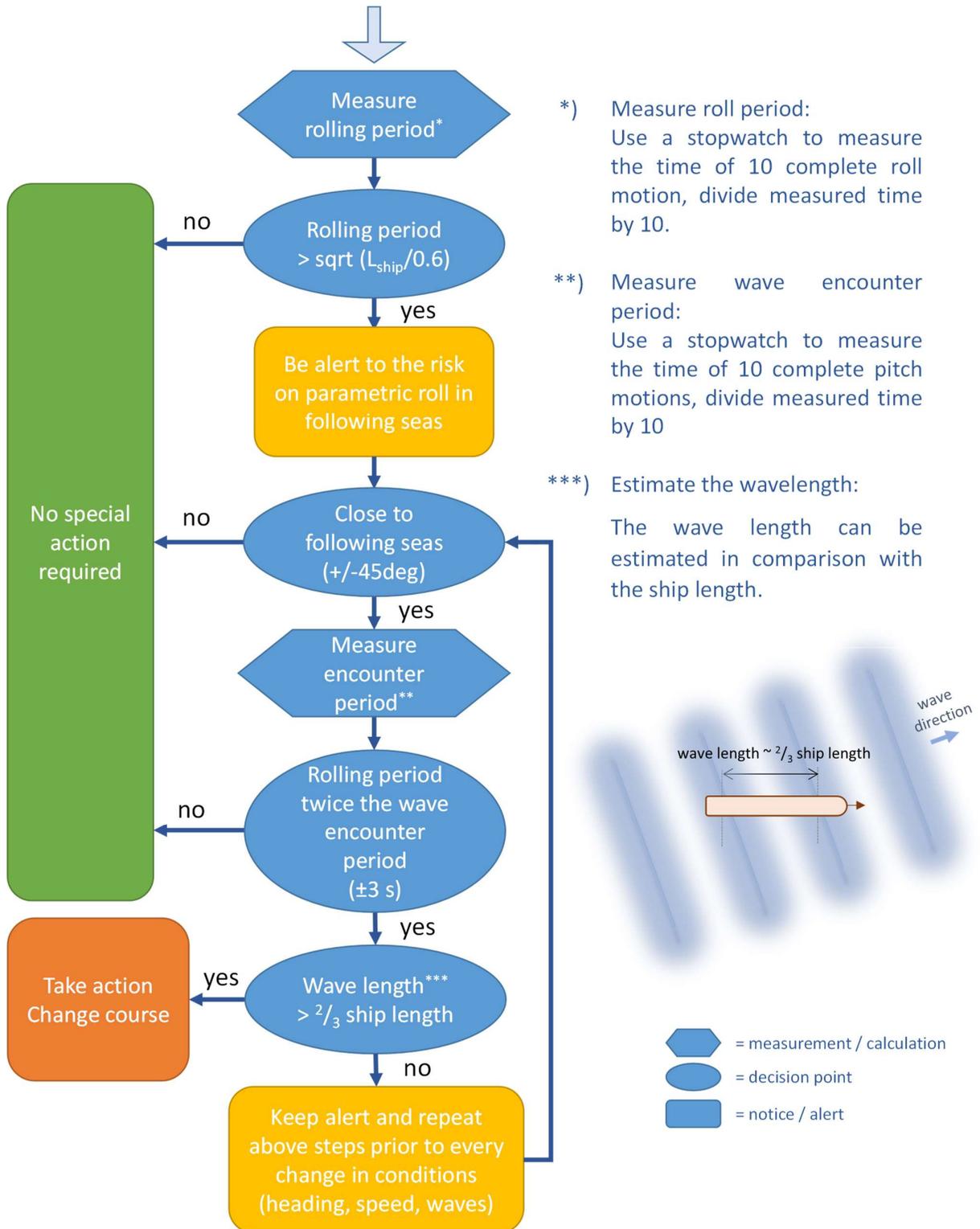
What to do when it happens?

Break the synchronization between the roll period and the encounter period. The most direct way to do this is to change heading to beam or bow quartering seas. Avoid abrupt steering. The heading change can be combined with a speed increase but only if it does not increase the risk of other hazards. Changing course may seem counterintuitive but is the only way to reduce the risk of parametric rolling in following seas.

This notice to mariners is an initiative of the TopTier JIP. The Joint Industry Project TopTier is initiated to address the loss of containers with active participation of major stakeholders. More explicit guidance on the hazard of parametric rolling in following seas is work in progress. For more information <https://www.marin.nl/en/jips/toptier>



When to be alert on parametric rolling in following seas?





Calculating the rolling period

An accurate assessment of the rolling period is preferred but may not yet be available during voyage preparation. In that case, you can use the formula below, adding an estimate for the encounter period and wave length.

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

Where:

T_{roll}	=	Estimated rolling period of ship in [seconds]
B	=	Beam of ship in [meter]
GM_{fluid}	=	Transverse stability including free surface correction in [meter]
L_w	=	Wave length in [meter]
L_{ship}	=	Ship length [meter]
T_w	=	Wave period in [seconds]
α	=	Ship fixed wave direction ($\alpha=0^\circ$ means head seas) in [degrees]
T_e	=	Wave encounter period in [seconds]
V	=	Ship speed in [knots]
abs	=	Absolute value
sqrt	=	Square root