

7 - 2 - 3 復原力の減少

最初に復原力について解説します。

= 復原力 =

船が静水中に安定して水に浮かんでいる場合、船の重心 G から下に働く重力と船の浮心 B から上に働く浮力が同じ線上にあり、同じ大きさになっています。(図 104)

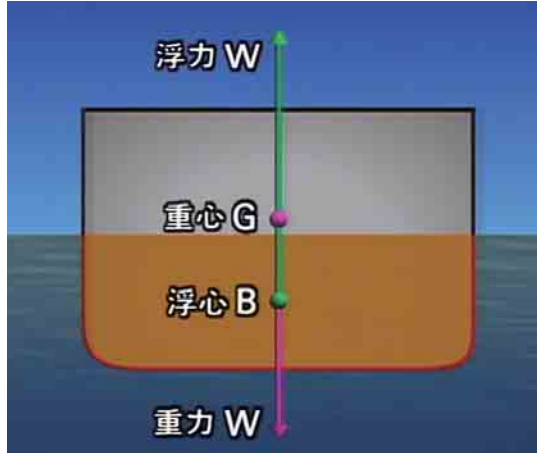


図 104 (出典：一般社団法人 日本船主協会 DVD)

船が外力のために傾くと、船の重心 G の位置は変わりませんが、浸水部の形状が変化するので、浮心 B は浸水部形状の中心に移動します。すると、今まで同じ線上にあった重力と浮力の方向に食い違いが生じます。(図 105)

この食い違った浮力線と船体中心線の交わる点 M をメタセンターといい、重心 G からこの M までの長さを GM といいます。この GM の大きさが船の安定性

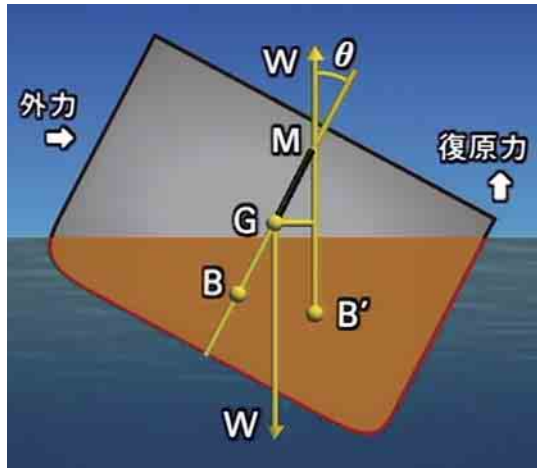


図 105 (出典：一般社団法人 日本船主協会 DVD)

や復原力に影響します。

重心 G から傾斜したときの浮力線に延ばした垂線と浮力線の交点を Z とすると、復原力の大きさは、浮力と重力の線の間隔 GZ の長さ（復元てこ）で表されます。

この GZ は、 $GM \times \sin \theta$ （ θ ：傾斜角度）で求められます。（図 106）復原力は次の計算式で求めることができます。

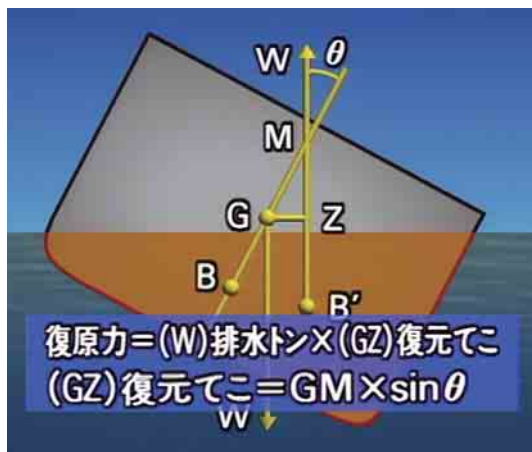


図 106（出典：一般社団法人 日本船主協会 DVD）

$$\text{復原力} = \text{排水トン} (W) \times \text{復元てこ} (GZ)$$

また、復原力と密接な関係にある GM と船の固有横揺れ周期（T）には次のような関係があります。（式 107）

$$GM = \frac{4 \pi^2 \times K^2}{g \times T^2}$$

$$0.64 \times \frac{B^2}{T^2}$$

$$T = \frac{0.8 \times B}{\sqrt{GM}}$$

T：動揺周期（sec）

K：環動半径（大型船の場合 0.4B）m

B：船の幅（m）

g：重力加速度（9.8m / sec²）

式 107

バルカーで撒積貨物を積載した場合やタンカーのように液体貨物を積載する船では、積み付けソフトで求めた計算 GM と実際の GM にはほとんど差はありません。

しかし、コンテナ船のように実際の貨物重量が申告重量と異なるような場合では、ターミナルから提供された貨物情報を使用して求めた計算 GM と、実際の GM が大きく異なる場合があります。

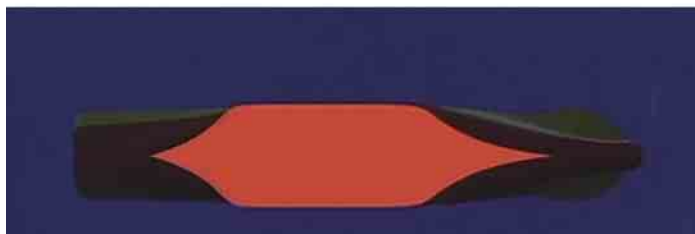
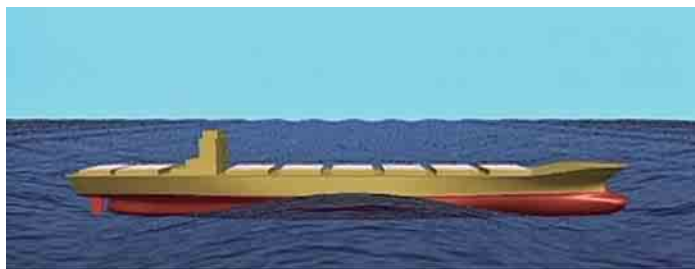
* 2016 年 7 月より、外航コンテナ船では重量の誤申告を規制するため、VGM (Verified Gross Mass : 確認された総重量) により、貨物重量の確定方法が規定されました。

コンテナ船のように寄港地が多い場合では、港ごとの「申告重量」と「実際の重量の差」を喫水から読み取り、データを蓄積し、経験値から、Stability 計算（出港予想喫水、強度、GM の計算）を行い、その誤差を盛り込むために、まずはターミナル提供の貨物情報で最初に計算します。その後、経験値によるコンテナ 1 本当たりの差額などに本数を掛けた数値を、船体重心 G の至近の甲板積 1 段目に意図的に入力し、安全サイドで出港予想喫水や GM を計算していました。

出港後、各当直航海士に横揺れ周期を計測させ、GM・横揺れ周期表（青図で造船所から提供されています）から実際の GoM（タンク内の自由表面を持つ液体による GM の減少も加味したもの）を把握していました。

= 追い波による復原力の減少 =

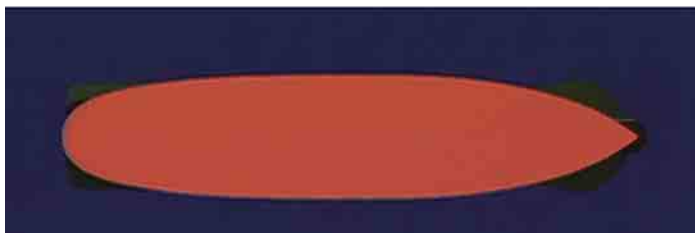
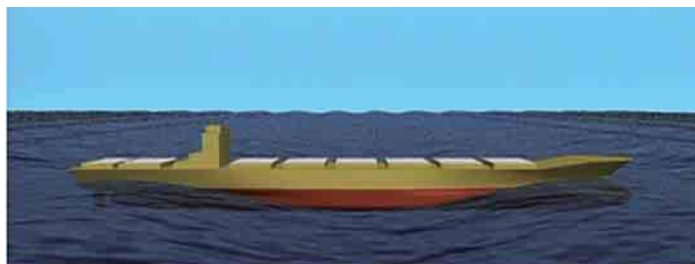
静水中の復原力の大きさは上記で確認できますが、実際の復原力は一般的に水線面積の大きさでまります。例えば、船の長さと同じ長さの波を考えた場合、波の山が船体の中央部に来たときは、船首と船尾では水面が下がって水線面積が小さくなって復原力の減少が発生します。（図 108）



波の山が船体中央 水線面積 小 復原力減少

図 108 (出典：一般社団法人 日本船主協会 DVD)

一方、波の谷が船体中央部に来たときには、船首と船尾では水面が上がって水線面積は大きくなるので復原力は増大します。(図 109)



波の谷が船体中央 水線面積 大 復原力増

図 109 (出典：一般社団法人 日本船主協会 DVD)

このような復原力が減少した状態は、向い波のなかでも発生しますが、ごく短時間ですむので問題になりません。しかし、船が波と一緒に走る追い波中では、この状態が長く続くことになって危険です。(図 110)

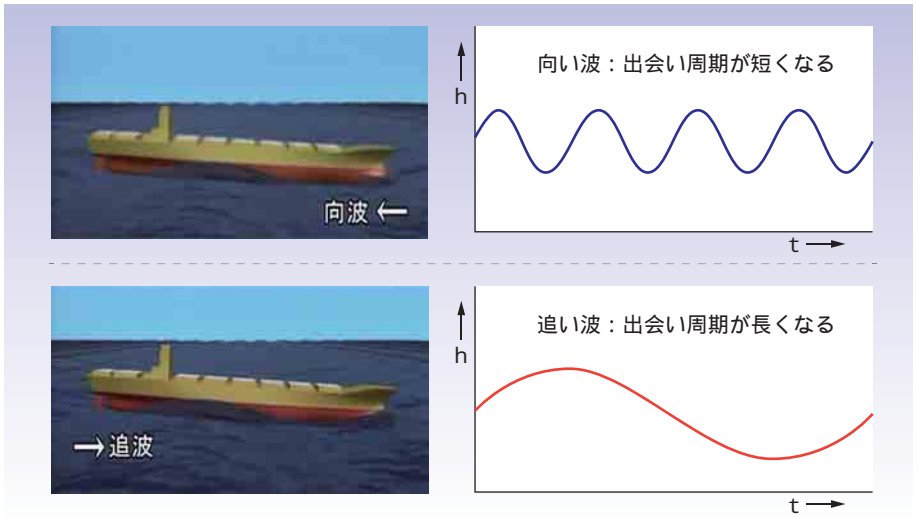


図 110 (出典：一般社団法人 日本船主協会 DVD)

図 111 は、コンテナ船の復原力の増減を示したものです。波の山で復原力が極端に減少することがわかります。

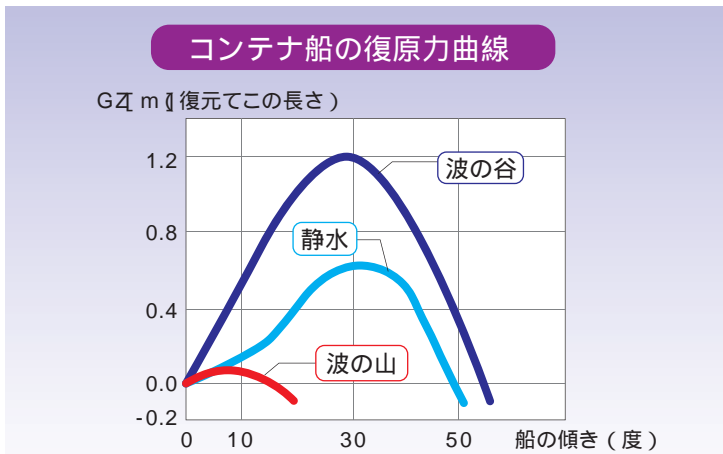


図 111 (出典：一般社団法人 日本船主協会 DVD)

このような復原力の減少は、コンテナ船、漁船、レジャーボートのようなやせ形でフレアーの大きな船で著しく、タンカーやバルカーのような肥大船ではほとんど発生しません。（図 112）

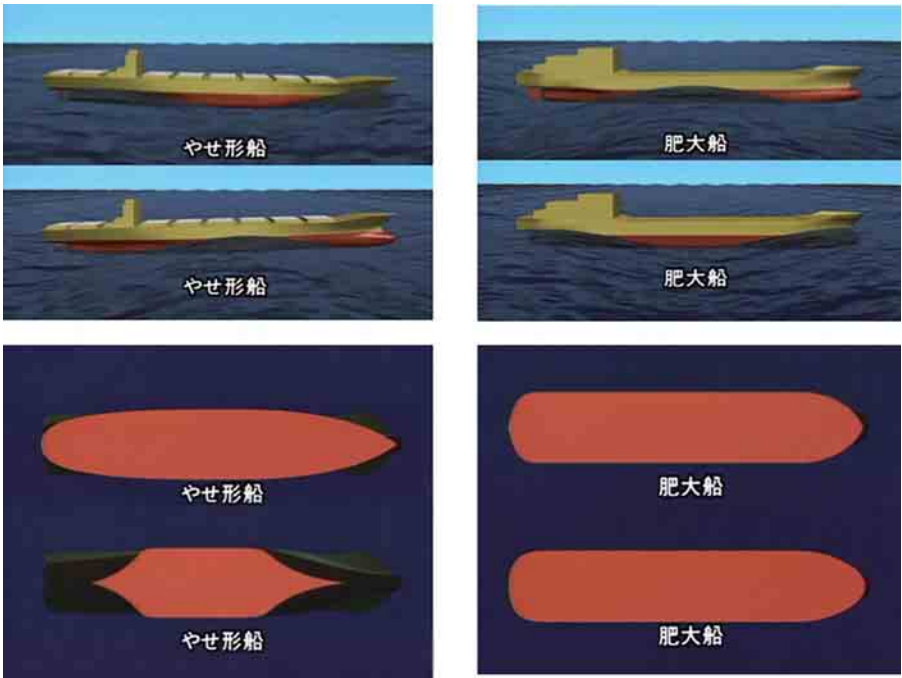


図 112(出典：一般社団法人 日本船主協会 DVD)

こうした復原力の減少は、船の速度と波の進む速度が同じ程度で、波の山が船体中央に留まると危険が増大します。図 113 は、コンテナ船を想定した模型船の転覆実験の統計グラフです。危険な出会い群波現象の起こる条件 $V/T = 1.5$ を中心に、転覆が発生していることがよくわかります。

（ 想定船の大きさ ）

長さ	幅	深さ	喫水
150.0m	27.2m	13.5m	8.5m

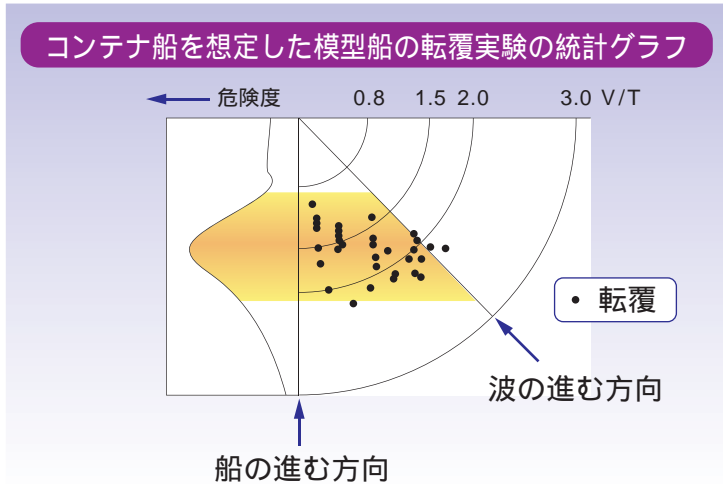


図 113(出典：一般社団法人 日本船主協会 DVD)

また、図 114 は同じ模型船で速力 22 ノットを想定して、追い波の出会い角度を変えて転覆頻度をまとめたものです。波の角度が後方より 10 度から 50 度の範囲で転覆が発生しています。特に、波の角度が後方より 20 度から 40 度の範囲が危険であることがわかります。

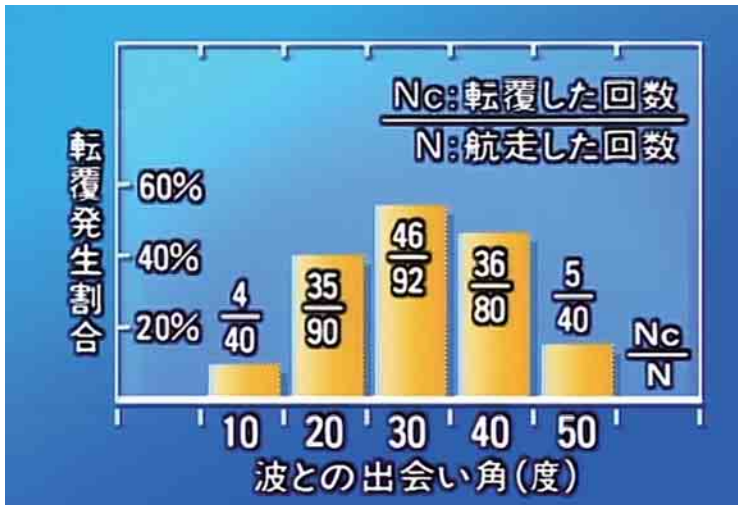


図 114(出典：一般社団法人 日本船主協会 DVD)

船の速度を変えて復原力減少による転覆割合がどのように変化したのかを、過去の実験データから見ると、高速で航行するほど危険は増し、速度を下げれば転覆発生の割合が減少していることがわかります。(図 115)

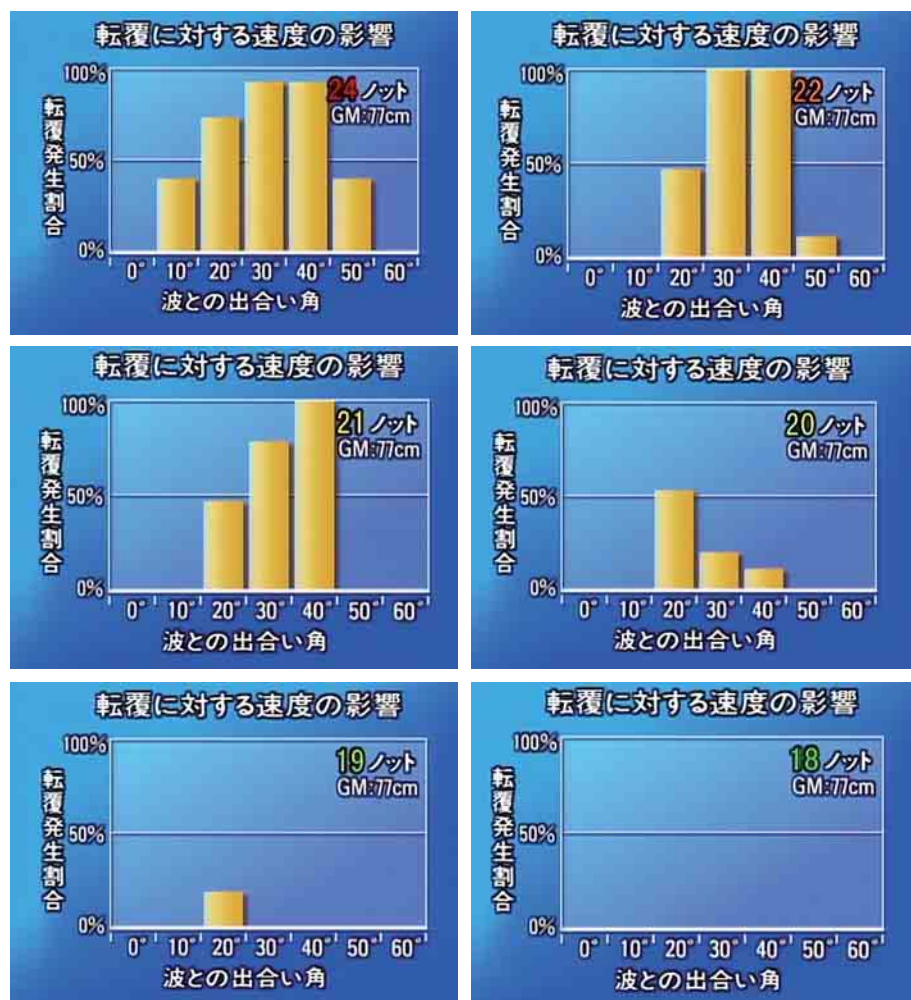


図 115 (出典：一般社団法人 日本船主協会 DVD)

= 追い波による復原力減少対策 =

出会い角度を 20 ~ 40 度にしないように変針することで、転覆する可能性も小さくなりますが、そうした状況になる前に、前述したように船体中央部に波の山が留まらないようにするための減速が有効です。

7 - 2 - 4 波乗り(ブローチング)現象

ブローチング現象は、波の速度が船速と同じ、または早い場合の追い波中を航行したときに、波の下り斜面で加速されて波乗り状態となって操舵不能に陥る現象です。操舵不能になるため、船の急激な回頭運動が起こり、その遠心力と横波を受けて瞬時に転覆する非常に危険な現象です。

図 116 は、横軸に模型船のプロペラ回転数を、縦軸に模型船の速度を示しています。波のない状態でプロペラの回転数を上げていくと速度はこうのように変わっていきます。回転数と速力は比例しますが、スリップがあるので、緩い曲線になります。

追い波の中でプロペラ回転数を上げていくと、模型船の速度は波の影響を受けて波の上り斜面では減速され、波の下り斜面では加速されて速度変動が発生します(青色領域)。プロペラ回転数の上昇とともに、速度変動の大きさは大きくなっていきます。

(図 117)

ところが、あるプロペラ回転数のところで、突然、速度変動が消え、模型船の速度が不連続に上昇していることがわかります(オレンジ色の部分)。す

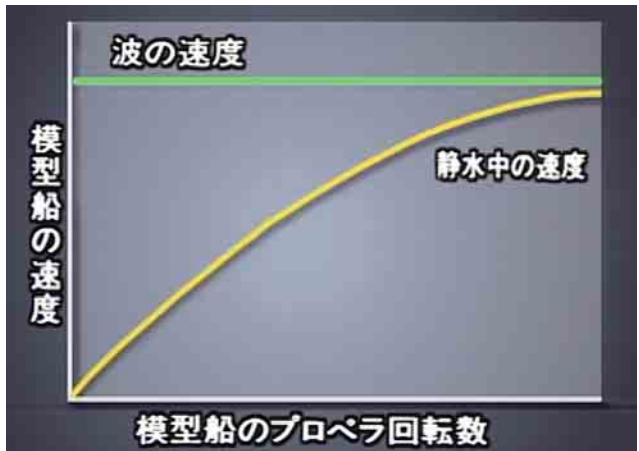


図 116 (出典：一般社団法人 日本船主協会 DVD)

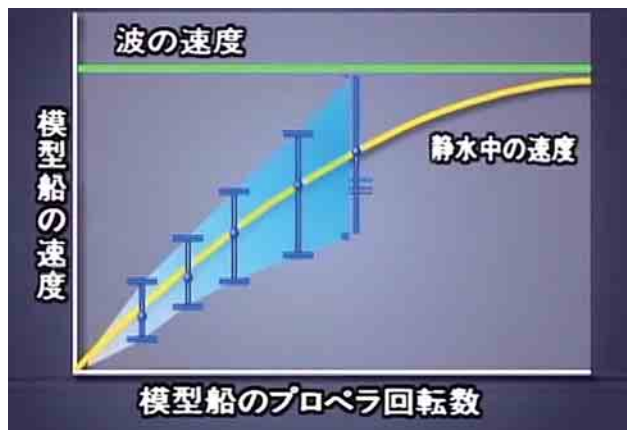


図 117 (出典：一般社団法人 日本船主協会 DVD)

なわち、模型船の速度変動の最大値が波の速度に達すると、波乗り現象が発生します。(図 118)

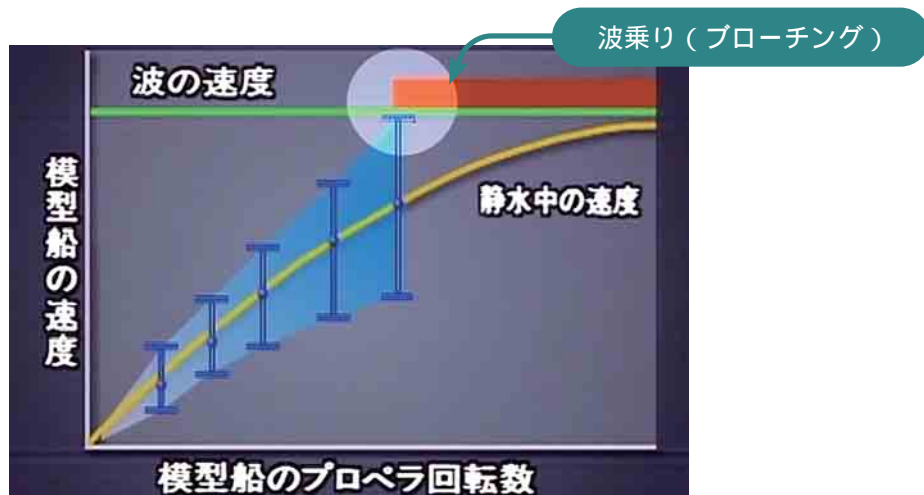


図 118 (出典：一般社団法人 日本船主協会 DVD)

図 119 ~ 図 121 は、縦軸に船速、横軸に時間を取り、追い波を受けて航行した場合の「速力変動の一定時間内における変化」を示しています。波の上り斜面で速力が減少し、波の下り斜面では速度が上がっています。

図 119 は速力が遅い場合の速力変動です。変動は小刻みで正弦波を示しています。

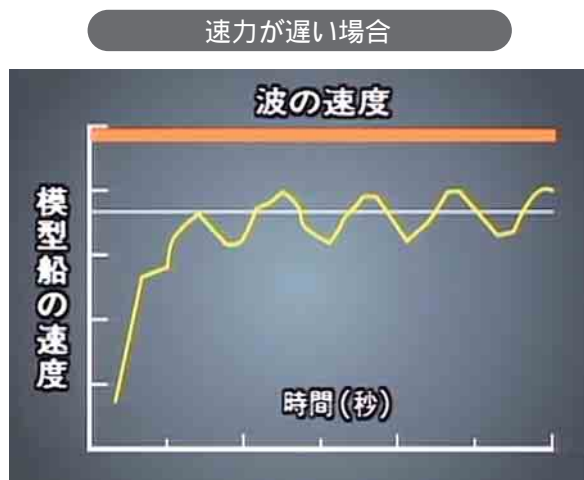


図 119 (出典：一般社団法人 日本船主協会 DVD)

速力上がるにつれて、波の速度に近づいてくるので、速力変動の回数が減っていきます。(図 120、121)

速力を少し上げた状態

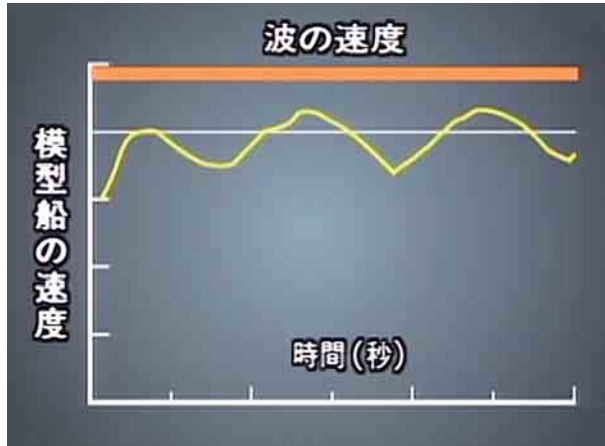


図 120 (出典: 一般社団法人 日本船主協会 DVD)

速力を更に上げた状態

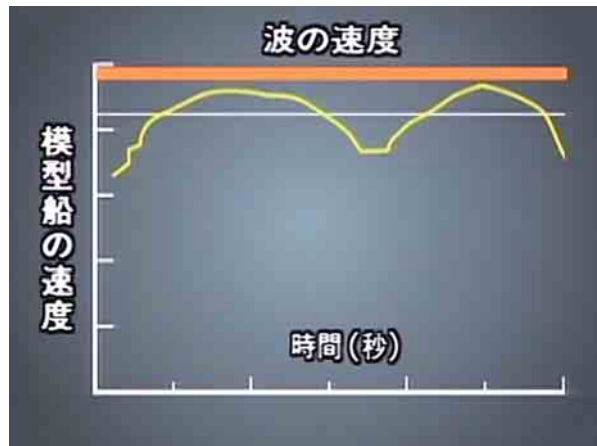


図 121 (出典: 一般社団法人 日本船主協会 DVD)

図 122 に示すように、波の速度に船速が近づくと、波の下り斜面で加速されている

時間も長くなる一方、波の上り斜面で減速している時間の割合が減っていきます。



図 122 (出典：一般社団法人 日本船主協会 DVD)

更に船速を上げると、波乗り状態（ブローチング状態）となり、速度の変動もなくなります。波乗りに移行する様子がわかります。(図 123)

波乗り（ブローチング）状態に移行

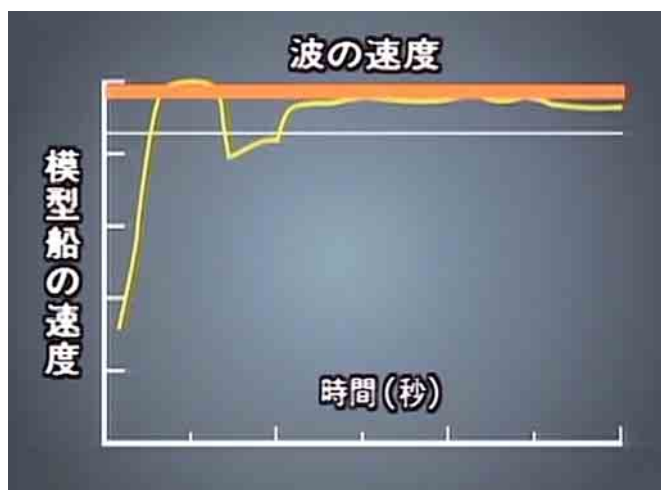


図 123 (出典：一般社団法人 日本船主協会 DVD)

波乗り（ブローチング）を避けるためには、それが発生する限界速度を知る必要があります。その限界速度は、波長・波向により変化しますが、下記で計算される船速が限界速度（式 124）として MSC.1/Circ. 1228 の 4.2.1 で指針として示されています。

ブローチング発生 **限界速度**（ノット）＝

$$1.8 \times \sqrt{\text{船の長さ (Lpp : 垂線間長)} \div \cos(180^\circ - \theta)}$$

の範囲： $135^\circ < \theta < 225^\circ$

式 124

したがって、波乗り（ブローチング）を避けるためには、船の速度を $1.8 \times \sqrt{\text{船の長さ (Lpp)}}$ よりも遅くしなければなりません。

MSC.1/Circ. 1228 では削除されていますが、改正前の MSC.1/Circ. 707（19 October 1995）の中では、「ブローチング発生領域」と波乗りまでには至らないものの、ブローチングを発生させる恐れがある、大きな速力変動を避けるための「ブローチング境界領域」を、以下の計算式（式 125）で示しています。安全を考えれば、この領域にも入り込まないようにする必要があります。

ブローチング発生 **境界速度**（ノット）＝

$$1.4 \times \sqrt{\text{船の長さ (Lpp : 垂線間長)} \div \cos(180^\circ - \theta)}$$

式 125

MSC.1/Circ.1228 の 4.2.1 では「ブローチング発生領域」を図 126（ピンク色の領域）で紹介しています。これに MSC.1/Circ. 707（19 October 1995）で示されている「ブローチング境界領域：黄色の領域」を追記して示します。

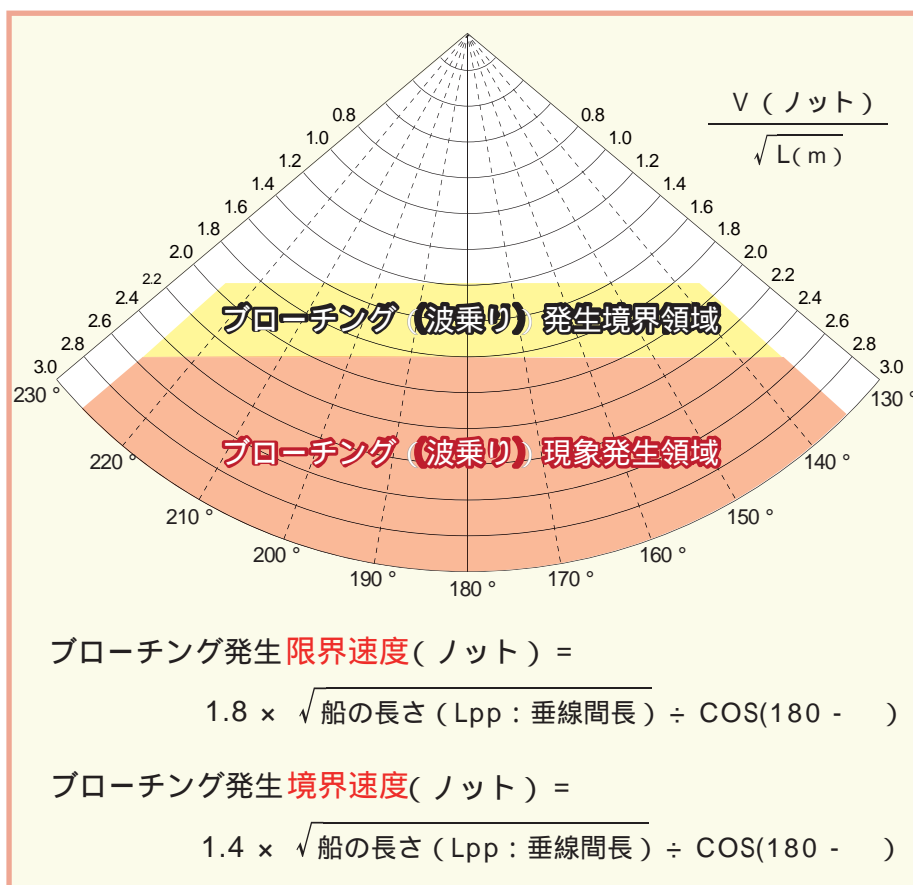


図 126 MSC.1/Circ. 1228 4.2.1(ブローチング発生境界領域を追記)

表 127 は、波乗り現象などを発生させる船の限界速力を表しています。しかし、表中の船の速力は、波の下り斜面で加速されることも考慮しなければなりません。船長 (Lpp) が 200 m を超える船でも、高速船では波乗り (ブローチング) を発生させる可能性があることに注意が必要です。

ブローチング（波乗り）現象を発生させる限界速度								
船長 (Lpp：垂線間長)	10 m	20 m	50 m	70 m	100 m	150 m	200 m	300 m
1.8 × Lpp	6 ノット	8 ノット	13 ノット	15 ノット	18 ノット	22 ノット	25 ノット	31 ノット
ブローチング（波乗り）現象を発生させるおそれがある境界速度								
1.4 × Lpp	4 ノット	6 ノット	10 ノット	12 ノット	14 ノット	17 ノット	20 ノット	24 ノット

表 127

また、浅い海では船の速度が遅くても波乗り現象は発生します。すなわち、港に近いような浅い海では波の速度が遅くなるため、船が減速したとしても波の速度に近づきやすくなるからです。レジャーボート、高速化した漁船は特に注意が必要です。

7 - 2 - 5 追い波荒天対策

荒天向い波対策としては減速が有効な手段でしたが、追い波荒天の中では前述したような現象が発生し、大幅な変針と減速の組み合わせが必要です。さらに、変針する場合でも舵効力が落ちているので難しい操船が求められます。

特に、風浪と複数の長大なうねりを後方から受ける場合では、船体動揺がどの風浪や、どの方向のうねりによってもたらされているのかなどを的確に判断し、さらに風浪やうねりの波長、波高、周期、速度も正確に把握して対策を講じなければなりません。その前に、前述したような現象に陥ることのないように、これらの事態を避けるための操船を早めに行うことが求められます。

第八章 おわりに

向い波や追い波といった荒天域を航行することが予想される場合、船長は可能な限り多くの気象・海象情報を入手し、到着予定時刻（ETA）や燃料消費量、荒天による貨物損傷の可能性なども十分勘案して最適航路を選定する責任があります。傭船者は本船採算を向上させるために、スケジュール確保を依頼しながら、一方では燃料消費量を最小限とするように依頼してきます。

当然のことながら、安全性を考慮した最終航路選定は船長判断になります。傭船者、船主、船舶管理会社、推薦航路提供者と情報を共有して、出港前、或いは、荒天域に突入する前に本船運航のフロントラインに立つ船長の意見・意図を十分尊重し、関係者の合意を取りつけて航路選定を行うことが必要です。

近年では気象・海象予想の精度はかなり向上していますが、それでも 100% 確実な気象・海象予測はできていません。当然のことですが迂回航路を選定したにもかかわらず、結果として予測が外れて短距離航海のルートがひどい荒天航海に至らなかったという事態もあります。しかし、その原因は気象・海象であり、航海終了後の結果論で判断や評価をしないといったことも、傭船者や船主・船舶管理会社といった陸上関係者には求められます。

添付資料： MSC.1/Circ. 1228 (11 January 2007) を掲載

参考文献

MSC.1/Circ. 1228 (11 January 2007)： 添付資料

imo.udhb.gov.tr/dosyam/EKLER/1228.pdf

国土交通省 海事局

「フェリー・RORO 船の安全対策について」(平成 23 年 4 月 28 日)

<http://www.mlit.go.jp/common/000144432.pdf>

一般社団法人 日本船長協会 DVD

荒天追波中の運航方法

荒天向波中の運航方法

日本近海の気象・海象及び主要港湾等の特徴

図や写真の多くは上記 DVD の映像を使用させていただきました。深謝申し上げます。

気象庁ホームページ

<https://www.jma.go.jp/jma/index.html>

参考図や解説について気象庁のホームページ資料を使用させていただきました。深謝申し上げます。

成山堂書店「新 百万人の天気教室」 白木正規 著

日本気象協会ホームページ <http://www.jwa.or.jp/>

添付資料：MSC.1/Circ. 1228 (11 January 2007) を掲載

INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION
4 ALBERT EMBANKMENT
LONDON SE1 7SR

Telephone: 020 7735 7611
Fax: 020 7587 3210



IMO

E

Ref. T1/2.04

MSC.1/Circ.1228
11 January 2007

**REVISED GUIDANCE TO THE MASTER FOR AVOIDING DANGEROUS
SITUATIONS IN ADVERSE WEATHER AND SEA CONDITIONS**

1 The Maritime Safety Committee, at its eighty-second session (29 November to 8 December 2006), approved the Revised Guidance to the master for avoiding dangerous situations in adverse weather and sea conditions, set out in the annex, with a view to providing masters with a basis for decision making on ship handling in adverse weather and sea conditions, thus assisting them to avoid dangerous phenomena that they may encounter in such circumstances.

2 Member Governments are invited to bring the annexed Revised Guidance to the attention of interested parties as they deem appropriate.

3 This Revised Guidance supersedes the Guidance to the master for avoiding dangerous situations in following and quartering seas (MSC/Circ.707).

I:\CIRC\MSC\01\1228.doc

ANNEX

REVISED GUIDANCE TO THE MASTER FOR AVOIDING DANGEROUS SITUATIONS IN ADVERSE WEATHER AND SEA CONDITIONS

1 GENERAL

1.1 Adverse weather conditions, for the purpose of the following guidelines, include wind induced waves or heavy swell. Some combinations of wave length and wave height under certain operation conditions may lead to dangerous situations for ships complying with the IS Code. However, description of adverse weather conditions below shall not preclude a ship master from taking reasonable action in less severe conditions if it appears necessary.

1.2 When sailing in adverse weather conditions, a ship is likely to encounter various kinds of dangerous phenomena, which may lead to capsizing or severe roll motions causing damage to cargo, equipment and persons on board. The sensitivity of a ship to dangerous phenomena will depend on the actual stability parameters, hull geometry, ship size and ship speed. This implies that the vulnerability to dangerous responses, including capsizing, and its probability of occurrence in a particular sea state may differ for each ship.

1.3 On ships which are equipped with an on-board computer for stability evaluations, and which use specially developed software which takes into account the main particulars, actual stability and dynamic characteristics of the individual ship in the real voyage conditions, such software should be approved by the Administration. Results derived from such calculations should only be regarded as a supporting tool during the decision making process.

1.4 Waves should be observed regularly. In particular, the wave period T_w should be measured by means of a stop watch as the time span between the generation of a foam patch by a breaking wave and its reappearance after passing the wave trough. The wave length λ is determined either by visual observation in comparison with the ship length or by reading the mean distance between successive wave crests on the radar images of waves.

1.5 The wave period and the wave length λ are related as follows:

$$\lambda = 1.56 \cdot T_w^2 \text{ [m]} \text{ or } T_w = 0.8\sqrt{\lambda} \text{ [s]}$$

1.6 The period of encounter T_E could be either measured as the period of pitching by using stop watch or calculated by the formula:

$$T_E = \frac{3T_w^2}{3T_w + V\cos(\alpha)} \text{ [s]}$$

where V = ship's speed [knots]; and

α = angle between keel direction and wave direction ($\alpha = 0^\circ$ means head sea)

1.7 The diagram in figure 1 may as well be used for the determination of the period of encounter.

MSC.1/Circ.1228
ANNEX
Page 2

1.8 The height of significant waves should also be estimated.

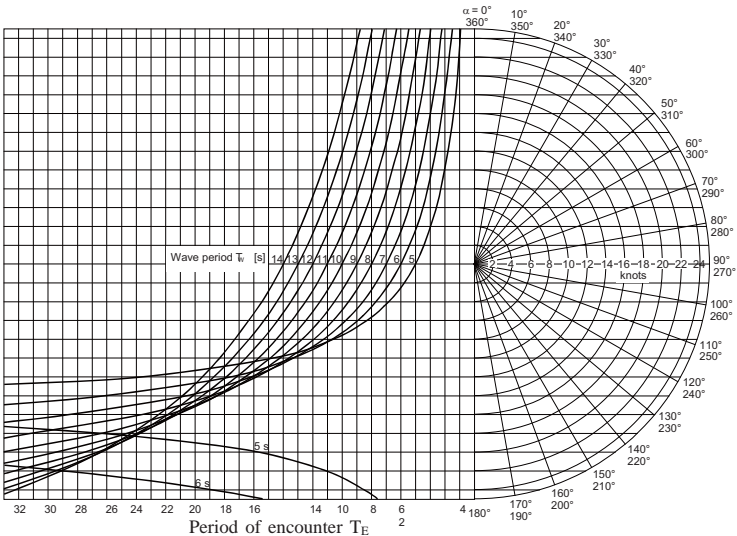


Figure 1: Determination of the period of encounter T_E

2 CAUTIONS

2.1 It should be noted that this guidance to the master has been designed to accommodate for all types of merchant ships. Therefore, being of a general nature, the guidance may be too restrictive for certain ships with more favourable dynamic properties, or too generous for certain other ships. A ship could be unsafe even outside the dangerous zones defined in this guidance if the stability of the ship is insufficient. Masters are requested to use this guidance with fair observation of the particular features of the ship and her behaviour in heavy weather.

2.2 It should further be noted that this guidance is restricted to hazards in adverse weather conditions that may cause capsizing of the vessel or heavy rolling with a risk of damage. Other hazards and risks in adverse weather conditions, like damage through slamming, longitudinal or torsional stresses, special effects of waves in shallow water or current, risk of collision or stranding, are not addressed in this guidance and must be additionally considered when deciding on an appropriate course and speed in adverse weather conditions.

2.3 The master should ascertain that his ship complies with the stability criteria specified in the IS Code or an equivalent thereto. Appropriate measures should be taken to assure the ship's watertight integrity. Securing of cargo and equipment should be re-checked. The ship's natural period of roll T_R should be estimated by observing roll motions in calm sea.

3 DANGEROUS PHENOMENA

3.1 Phenomena occurring in following and quartering seas

A ship sailing in following or stern quartering seas encounters the waves with a longer period than in beam, head or bow waves, and principal dangers caused in such situation are as follows:

3.1.1 *Surf-riding and broaching-to*

When a ship is situated on the steep forefront of a high wave in following or quartering sea conditions, the ship can be accelerated to ride on the wave. This is known as surf-riding. In this situation the so-called broaching-to phenomenon may occur, which endangers the ship to capsizing as a result of a sudden change of the ship's heading and unexpected large heeling.

3.1.2 *Reduction of intact stability when riding a wave crest amidships*

When a ship is riding on the wave crest, the intact stability can be decreased substantially according to changes of the submerged hull form. This stability reduction may become critical for wave lengths within the range of $0.6 L$ up to $2.3 L$, where L is the ship's length in metres. Within this range the amount of stability reduction is nearly proportional to the wave height. This situation is particularly dangerous in following and quartering seas, because the duration of riding on the wave crest, which corresponds to the time interval of reduced stability, becomes longer.

3.2 Synchronous rolling motion

Large rolling motions may be excited when the natural rolling period of a ship coincides with the encounter wave period. In case of navigation in following and quartering seas this may happen when the transverse stability of the ship is marginal and therefore the natural roll period becomes longer.

3.3 Parametric roll motions

3.3.1 Parametric roll motions with large and dangerous roll amplitudes in waves are due to the variation of stability between the position on the wave crest and the position in the wave trough. Parametric rolling may occur in two different situations:

- .1 The stability varies with an encounter period T_E that is about equal to the roll period T_R of the ship (encounter ratio 1:1). The stability attains a minimum once during each roll period. This situation is characterized by asymmetric rolling, i.e. the amplitude with the wave crest amidships is much greater than the amplitude to the other side. Due to the tendency of retarded up-righting from the large amplitude, the roll period T_R may adapt to the encounter period to a certain extent, so that this kind of parametric rolling may occur with a wide bandwidth of encounter periods. In quartering seas a transition to harmonic resonance may become noticeable.
- .2 The stability varies with an encounter period T_E that is approximately equal to half the roll period T_R of the ship (encounter ratio 1:0.5). The stability attains a minimum twice during each roll period. In following or quartering seas, where the encounter period becomes larger than the wave period, this may only occur

MSC.1/Circ.1228

ANNEX

Page 4

with very large roll periods T_R , indicating a marginal intact stability. The result is symmetric rolling with large amplitudes, again with the tendency of adapting the ship response to the period of encounter due to reduction of stability on the wave crest. Parametric rolling with encounter ratio 1:0.5 may also occur in head and bow seas.

3.3.2 Other than in following or quartering seas, where the variation of stability is solely effected by the waves passing along the vessel, the frequently heavy heaving and/or pitching in head or bow seas may contribute to the magnitude of the stability variation, in particular due to the periodical immersion and emersion of the flared stern frames and bow flare of modern ships. This may lead to severe parametric roll motions even with small wave induced stability variations.

3.3.3 The ship's pitching and heaving periods usually equals the encounter period with the waves. How much the pitching motion contributes to the parametric roll motion depends on the timing (coupling) between the pitching and rolling motion.

3.4 Combination of various dangerous phenomena

The dynamic behaviour of a ship in following and quartering seas is very complex. Ship motion is three-dimensional and various detrimental factors or dangerous phenomena like additional heeling moments due to deck-edge submerging, water shipping and trapping on deck or cargo shift due to large roll motions may occur in combination with the above mentioned phenomena, simultaneously or consecutively. This may create extremely dangerous combinations, which may cause ship capsize.

4 OPERATIONAL GUIDANCE

The shipmaster is recommended to take the following procedures of ship handling to avoid the dangerous situations when navigating in severe weather conditions.

4.1 Ship condition

This guidance is applicable to all types of conventional ships navigating in rough seas, provided the stability criteria specified in resolution A.749(18), as amended by resolution MSC.75(69), are satisfied.

4.2 How to avoid dangerous conditions

4.2.1 For surf-riding and broaching-to

Surf-riding and broaching-to may occur when the angle of encounter is in the range $135^\circ < \alpha < 225^\circ$ and the ship speed is higher than $\left(1.8\sqrt{L}\right)/\cos(180-\alpha)$ (knots). To avoid surf riding, and possible broaching the ship speed, the course or both should be taken outside the dangerous region reported in figure 2.

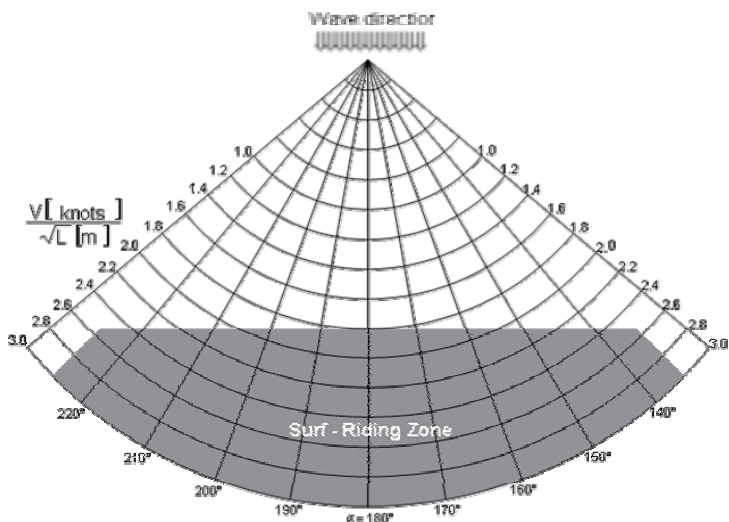


Figure 2: Risk of surf-riding in following or quartering seas

4.2.2 For successive high-wave attack

4.2.2.1 When the average wave length is larger than $0.8 L$ and the significant wave height is larger than $0.04 L$, and at the same time some indices of dangerous behaviour of the ship can be clearly seen, the master should pay attention not to enter in the dangerous zone as indicated in figure 3. When the ship is situated in this dangerous zone, the ship speed should be reduced or the ship course should be changed to prevent successive attack of high waves, which could induce the danger due to the reduction of intact stability, synchronous rolling motions, parametric rolling motions or combination of various phenomena.

4.2.2.2 The dangerous zone indicated in figure 3 corresponds to such conditions for which the encounter wave period (T_E) is nearly equal to double (i.e., about 1.8-3.0 times) of the wave period (T_W) (according to figure 1 or paragraph 1.4).

4.2.3 For synchronous rolling and parametric rolling motions

4.2.3.1 The master should prevent a synchronous rolling motion which will occur when the encounter wave period T_E is nearly equal to the natural rolling period of ship T_R .

MSC.1/Circ.1228
ANNEX
Page 6

4.2.3.2 For avoiding parametric rolling in following, quartering, head, bow or beam seas the course and speed of the ship should be selected in a way to avoid conditions for which the encounter period is close to the ship roll period ($T_E \approx T_R$) or the encounter period is close to one half of the ship roll period ($T_E \approx 0.5 \cdot T_R$).

4.2.3.3 The period of encounter T_E may be determined from figure 1 by entering with the ship's speed in knots, the encounter angle α and the wave period T_W .

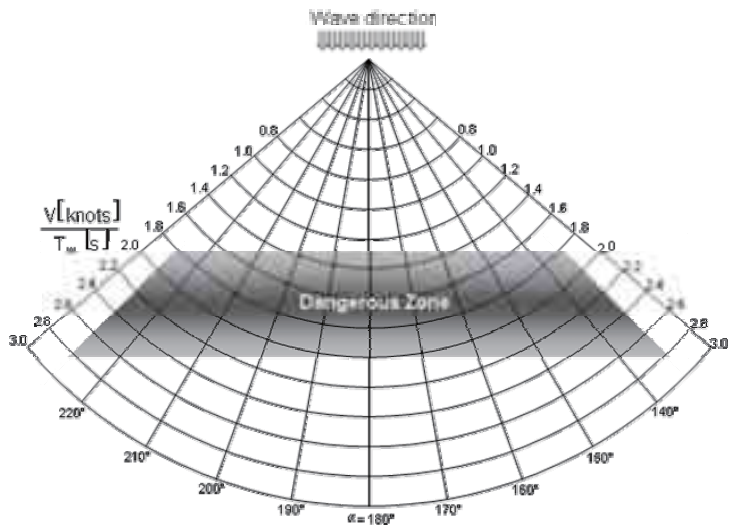


Figure 3: Risk of successive high wave attack in following and quartering seas

Abbreviations and symbols

Symbols	Explanation	Units
T_W	wave period	s
λ	wave length	m
T_E	encounter period with waves	s
α	angle of encounter ($\alpha = 0^\circ$ in head sea, $\alpha = 90^\circ$ for sea from starboard side)	degrees
V	ship's speed	knots
T_R	natural period of roll of ship	s
L	length of ship (between perpendiculars)	m



JAPAN P & I CLUB
日本船主責任相互保険組合

コーポレートサイト

www.piclub.or.jp

東京本部

Principal Office (Tokyo)

〒107-0052 東京都港区赤坂2丁目23番1号アークヒルズフロントタワー15階

15th Floor, ARK Hills Front Tower, 2-23-1, Akasaka, Minato-ku, Tokyo 107-0052, Japan

Phone : 03-6687-0505 Fax : 03-6871-0051

神戸支部

Kobe Branch

〒650-0024 兵庫県神戸市中央区海岸通5番地 商船三井ビル6階

6th Floor Shosen-Mitsui Bldg. 5, Kaigandori Chuo-ku, Kobe, Hyogo 650-0024, Japan

Phone : 078-321-6886 Fax : 078-332-6519

福岡支部

Fukuoka Branch

〒812-0011 福岡県福岡市博多区博多駅前1丁目14番16号 博多駅前センタービル3階

3rd Floor Hakata-Ekimae Center Bldg., 1-14-16 Hakata Ekimae, Hakata-ku, Fukuoka, Fukuoka 812-0011, Japan

Phone : 092-260-8945 Fax : 092-482-2500

今治支部

Imabari Branch

〒794-0024 愛媛県今治市共栄町2丁目2番地1しほなみビル4階

4th Floor, Shimanami Building, 2-2-1, Kyoeicho, Imabari, Ehime 794-0024, Japan

Phone : 0898-33-1117 Fax : 0898-33-1251

シンガポール支部

Singapore Branch

80 Robinson Road #14-01 Singapore 068898

Phone : 65-6224-6451 Fax : 65-6224-1476

JPI英国サービス株式会社

Japan P&I Club (UK) Services Ltd

5th Floor, 38 Lombard Street, London, U.K., EC3V 9BS

Phone : 44-20-7929-3633 Fax : 44-20-7929-7557