



Title	小型漁船の極限状態における復原挺について
Author(s)	蛇沼, 俊二; JANUMA, Shunji; 川島, 利兵衛 他
Citation	北海道大學水産學部研究彙報, 35(1), 28-34
Issue Date	1984-03
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/23845
Type	departmental bulletin paper
File Information	35(1)_P28-34.pdf



小型漁船の極限状態における復原挺について

蛇沼俊二*・川島利兵衛*

On the Righting Lever of Small Fishing
Vessels in Extreme Conditions

Shunji JANUMA* and Rihei KAWASHIMA*

Abstract

This is a study of changes in the transverse stability of small fishing vessels navigating in sea waves.

Based on observations of sea waves, various wave conditions, such as height, period and steepness, were assumed. Using these data, the transverse stability of a typical 19.9 gross ton salmon fishing vessel in waves was calculated.

The results of these calculations are shown in the figures, and the authors discuss the conditions that are extreme for small fishing vessels and the properties causing changes in stabilities of the vessels in sea waves.

In particular, the change in stability due to the phase difference between wave and vessels, which is the cause of the parametric rolling motions of fishing vessels in sea waves, is discussed.

まえがき

漁船の海難事故において、転覆事故発生時の乗組員の生存率は非常に低い。これは船体が正常な状態から短時間のうちに転覆に至り、乗組員がこれに対する十分な対処をできないためであると推定される。言い換えると海難事故の中で転覆事故は生命の危険度の高いものであるといえる。

こういった漁船の転覆に対する安全性の評価において、船体の横復原性は最も重要な要因である。

川島らは漁船の極限状態として「復原性の不足による転覆の起こる可能性のある状態」と定義し、この状態を規制する条件として

- 1) 外的条件
- 2) 船体状態
- 3) 操船方法

の三つの条件を提案している。¹⁾

これらの条件は互に関連して船体に極限状態を作り出すものであると考えられる。

本研究では前の三つの条件のうちで、1)の外的条件中最も重要な波浪条件の復原性への影響を検討した。船体が縦波中においてその復原性が低下する現象は広く知られている事であるが、著者らは北海道の小型鮭鱒流し網漁船として標準的な船をモデルに、縦波中の復原性を計算した。さらにこの復原性の変動と横揺れ運動との関連においてパラメトリック同調の可能性について検討

* 北海道大学水産学部漁船運用学講座
(Laboratory of Fishing Boat Seamanship, Faculty of Fisheries, Hokkaido University)

した。

実海面において観測された波浪の示す波高・波長比特性

縦波中の船体復原力の計算において波浪特性をデータとして入力する必要がある。中でも重要なものは波長 L 、波高 H とこの二つによって示される波高・波長比 H/L である。以下本節ではこの波浪特性について述べる。

本計算に用いた供試船の線図を図1に示す。この供試船は北海道の標準型の 19.9 GT 型小型鮭鱒流し網漁船で根室の東沖合を操業海域とし、5/1～7/31 を操業期間としている。

この海域の波浪特性を示す資料として「Winds and Waves of the North Pacific Ocean」²⁾ が唯一のものであろう。しかしこの資料のうち波高、波周期のデータの区分幅が広いため、小型漁船にとって重要な意味をもっている 15 m～20 m 程度の短い波浪に関する情報を得ることはむずかしい。

海域は異なるが、西ノ首らは東シナ海において波浪の実測を行なっている。³⁾ 西ノ首らの報告では波高と波周期の関係について示しているが、これから波高と波長の関係を推定すると、この海域では H/L の大きな、すなわち船体にとってきびしい条件の波浪は波長の短いものにおいてほど発生し易いと考えられる。例えば H/L が 1/10 以上の値は波長 20 m 以下の波がほとんどである。

このことは船体が小型である程きびしい波浪条件に遭遇する可能性が高い事を示している。

このように実海面において H/L が 1/10、あるいはそれ以上の波傾斜の波浪は確かに存在するものと考えられる。このような H/L の大きな値の波浪は船に極限状態を引き起こす原因となり得る。

19.9 GT 型漁船の縦波中復原挺計算

供試船がトロコイド波形をもつ波浪中を航行するものとし復原挺 (GZ) 計算を行った。波長は L/L_{pp} を 1.0 とし、波高は H/L を 1/10, 1/15, …, 1/45, 1/50 の 9 段階とした。ここで船体はブルワークトップまでを水密区画としている。

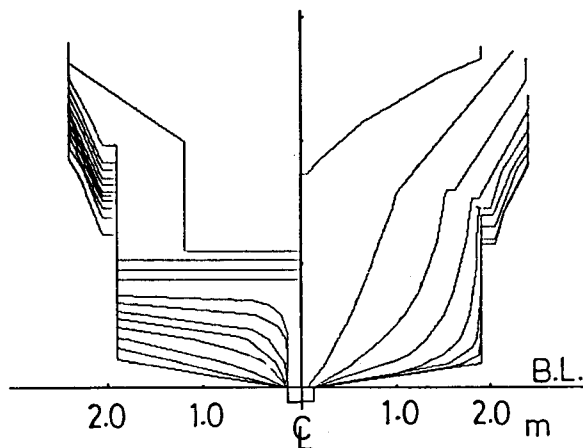


Fig. 1. Body lines for a typical 19.9 gross ton salmon fishing vessel.

図2にこの計算結果を示した。GZ値はmid shipが波の峰、波の谷の位置すなわちcrest, troughにおいて平水中すなわちstillに比べ、それぞれ減少、増加の関係にある。またその増減の割合はH/Lが大きい程大きく、H/Lが1/10の場合のGZ_{max}値をみるとtroughでstillの約15%増加、crestで約29%の減少を示す(図3)。すべてのH/Lの値に対しcrestでのGZ_{max}の減少の割合はtroughでの増加の割合より大きい。

図4では傾斜角1°におけるGZ, すなわちGZ(1°)を用い

$$GM = GZ(1^\circ) \times 180/\pi$$

として求めたGM値を示した。

図3と比較してわかるように、H/Lに対するGZ_{max}値とGM値の変化の様子は全く異なり、縦波中でのGMはstillのそれに比べて常に大きい。これは、供試船が小型漁船の特徴である角形の船尾部を有しているため、縦波中での水線二次モーメントがstill時より常に大きい事を示すと推定される。

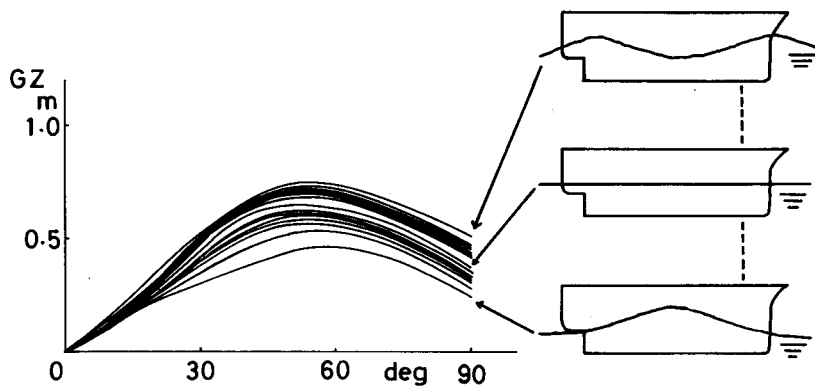


Fig. 2. Righting lever of fishing vessel in wave crest and trough at various wave steepnesses h/l.

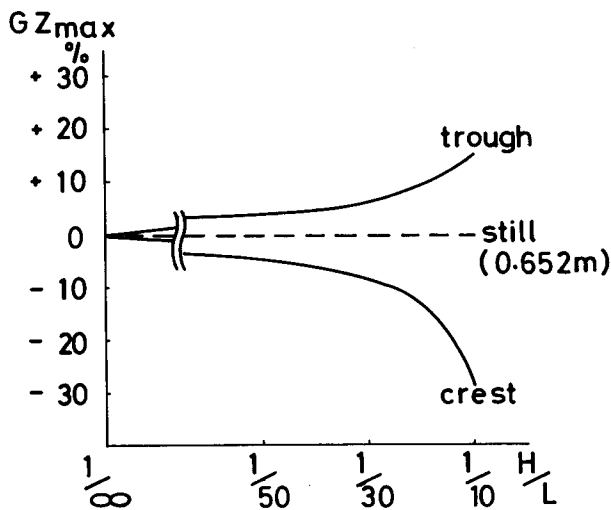


Fig. 3. Change of GZ^{max} at various wave steepnesses h/l.

また船が縦波中を航行することにより船体と波形形状との位相は時々刻々変化する。これに伴う GZ の変化を H/L が $1/10$ の場合について図5, 図6に示した。図7では各々の位相に対する GZ_{max} 値の変化および GM 値を示した。

復原力のパラメトリックな特徴

前節までの計算において、供試船の縦波中復原力特性の定量的性質が明らかになった。図7で表わされた復原力を船体横揺れ運動論的に検討すると、その運動方程式の復原項に周期関数が加えられ、これによってパラメトリックな運動方程式となる事がわかった。

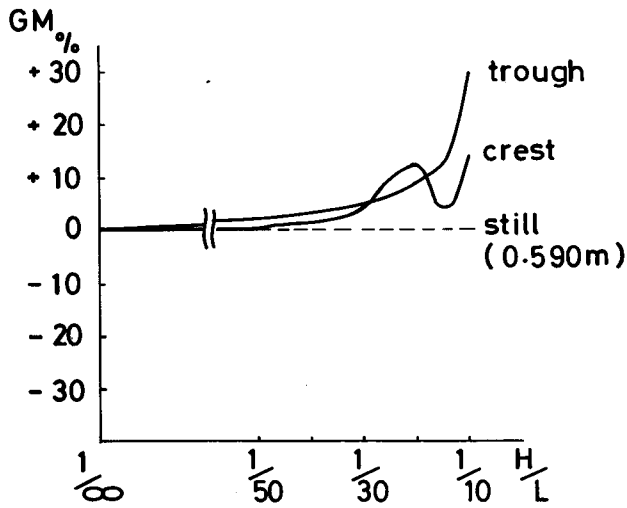


Fig. 4. Changes of GM at various wave steepnesses h/l .

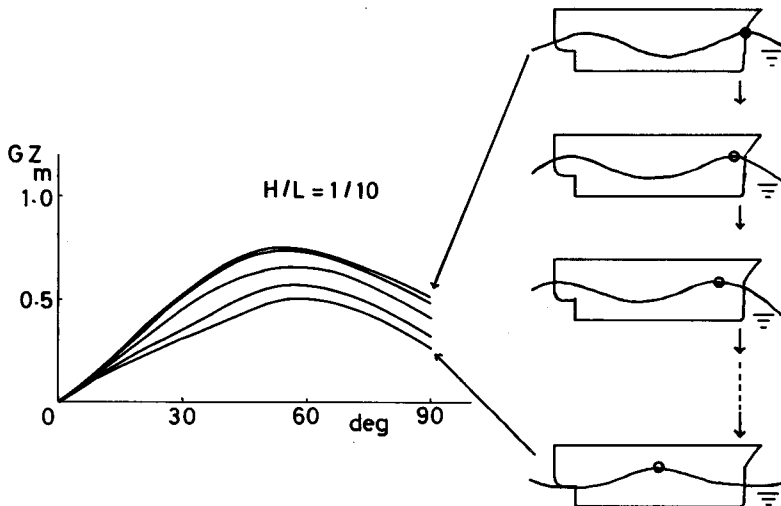


Fig. 5. Righting lever for phase difference between wave and vessel.

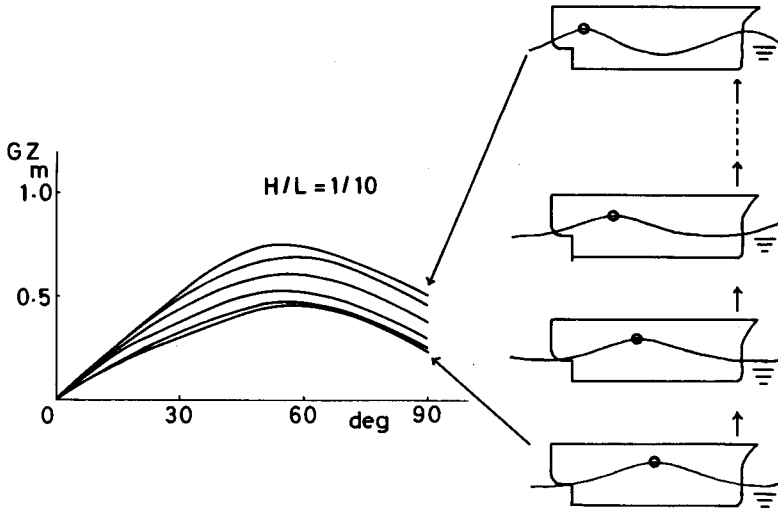


Fig. 6. Righting lever for phase difference between wave and vessel.

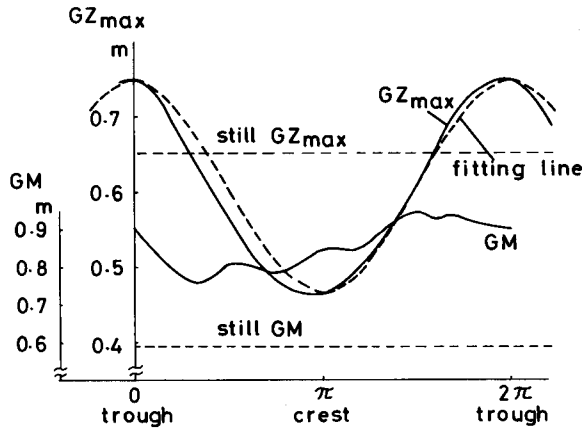


Fig. 7. Changes of GZ_{max} and GM with a phase difference between wave and vessel.

したがって次に、復原力変動の関数近似を試みる。

図7の GZ_{max} の変動はstill時 GZ_{max} よりやや小さな値を中心に、その上下に余弦関数的に変化している。いま a, b という二つの量を用い、復原挺はstill時 GZ_{max} の a 倍を中心に、片振幅でstill時 GZ_{max} の b 倍で変動するとする。これにより縦波中 GZ_{max} は

$$\text{縦波中 } GZ_{max} = (a + b \cdot \cos \omega t) \times \text{平水中 } GZ_{max} \quad (1)$$

なる式で表現できる。ここで ω は船と波との出合いの角周波数、 t は時間である。

この a, b の値は船型および波浪特性によって左右される値であり、本供試船については各 H/L 値に対する a, b は図3より求めることができる。

ここで $a=0.83, b=0.24$ を用いた GZ_{max} の変動の近似値を図7において破線で示した。

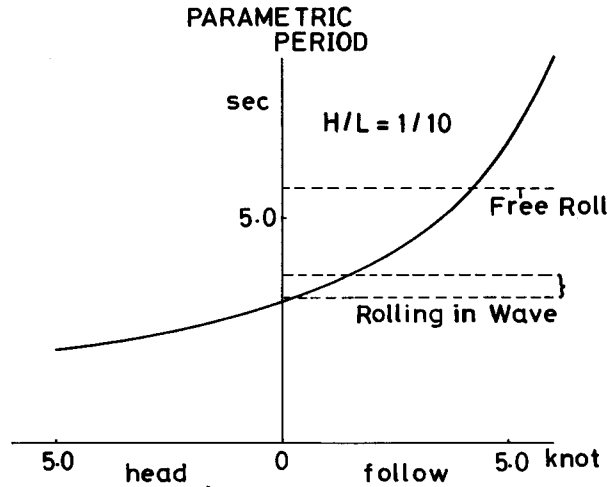


Fig. 8. Relation between vessel's speed and periods of rolling in parametric resonance condition.

さらに(1)式は GZ_{max} の値においてのみではなく、 $GZ(\varphi)$ 関数において、横傾斜角 φ の広い範囲においても成立することが図5, 図6より類推できる。したがって(1)式より縦波中 $GZ(\varphi)$ 関数の広い領域に対し

$$\text{縦波中 } GZ(\varphi) = (a + b \cdot \cos \omega t) \times \text{平水中 } GZ(\varphi) \quad (2)$$

なる関係が導ける。

このことから、縦波中においても波浪は船体の横復原力の変動を引き起こし、言い換えれば横揺れ運動の強制力となる事がわかる。

船速とパラメトリック同調

このように縦波の影響は船体の横揺れ運動の強制力となると同時に復原力の低下をも伴っている点が重要である。

この復原力変動の周期と船体の自由横揺れ周期との同調した状態で、復原力低下の影響が強く現われ極限状態に陥りやすいと考え、この同調はパラメトリック同調と称され次にこれを検討する。

いま波速を $V_{wave} = \sqrt{g \cdot L / 2\pi}$ (m/sec)、船速を V_{ship} (knot) とすれば、船から見た波速(みかけの波速) V は

$$\begin{aligned} V &= V_{wave} - V_{ship} \\ &= \sqrt{g \cdot L / 2\pi} - 0.51 \cdot V_{ship} \quad (\text{m/sec}) \end{aligned}$$

ここで V_{ship} は Follow で正、Head で負である。よって船と波との出会いの周期 T は

$$\begin{aligned} T &= L / V \\ &= L / (\sqrt{g \cdot L / 2\pi} - 0.51 \cdot V_{ship}) \quad (\text{sec}) \end{aligned}$$

となる。

この関係を図8に示す。船体の横揺れ周期は、自由横揺れと縦波中 GM によって定まる横揺れの二つの周期が考えられる。このそれぞれに対し同調する船速は 4.2 knot Follow, 0.3~1.5 knot Follow であることがわかる。

ま と め

船体の復原性を規制する要因は多いが次ぎのように要約できる。

- 1 実際の洋上における観測データの示す H/L の性質から、船体が小型である程きびしい波浪に遭遇する確率が高いと予想される。
- 2 このような波浪を縦波とする小型漁船の場合、復原挺は船と波との位相により変動しその変動は余弦関数を加え

$$\text{縦波中 } GZ(\varphi) = (a + b \cdot \cos \omega t) \times \text{平水中 } GZ(\varphi)$$

と近似できる。

- 3 縦波中 $GZ(\varphi)$ の変動はある船速において船体の横揺れと同調するが、これは波との同調横揺れと復原力低下を同時に伴う危険なもので、船体に対し極限状態を引き起こす要因となり得る。

これらは計算上確認された現象であるが、さらに実験的に検討しなければならないものと考えている。

文 献

- 1) 川島利兵衛・松岡達郎・稲葉恭人・天下井清・松島寛治 (1980). 漁船の極限状態における運動に関する研究, その II 海象との対応. 日本航海学会論文集 63, 55-62.
- 2) 運輸省船舶技術研究所 (1980). Winds and Waven of the North Pacific Ocean.
- 3) 西ノ首英之・川島利兵衛 (1979). 実船試験による漁船の耐航性について-VII, 一東海・黄海漁場の波浪特性——. 日本航海学会論文集 61, 129-135.