

漁船の転覆メカニズムと転覆防止に関する研究

北海道大学 水産科学院 博士3年

中村 充博

1. はじめに

日本では、毎年、60隻程度の漁船が転覆事故を起こし、多数の犠牲者を生んでいる。これは他の商船と比較して、考えられない隻数であり、船型自体に転覆要因が存在していると考えるのが、ごく当然である。漁船の船型を考える上で、漁業管理の一環として、総トン数が制限されている点が重要である。その中で、漁労スペースのために船幅、船速維持のために船長の確保が行われた。総トン数は概ね、船長×船幅×深さに比例するため、深さの小さな船型となった。この影響は、乾舷の縮小に直結し、予備浮力が小さく、消失角が小さいのが漁船の特徴である。漁業形態を考えると、オリンピック方式と呼ばれる「採った者勝ち」のため、漁業者はより速い漁船を求める。その結果、船尾の喫水を削って、より後方まで船長を伸ばした極端なオーバーハング船型が生まれた。このような船型は、波浪中で復原力減少を起こしやすい。また、多少の時化であっても、オリンピック方式に従い、高速で航行するため、波乗り・ブローチング現象に陥りやすい状況にあると言える。以上を踏まえ、転覆対策及びブローチング発生機構の検討を行った。

2. 転覆防止に関する研究

復原力減少は、波浪中に船尾船底が露出し、水線面積が小さくなり、それに依存する復原力も小さくなるのが原因である。極端なオーバーハング船型を持つ漁船では、より顕著に発生すると言え、ある135GT旋網漁船が漂流中に転覆した原因の一つと考えられた。

そこで、波浪中に船尾船底が露出した場合においても、水線面の幅を確保するために Fig.1 に示すように、船尾船底への付加物設置を検討した。付加物の密度は、流体密度と同程度とすることで、喫水・トリムへの影響を小さくしている。また、平水中においても、船体が傾斜し付加物が露出した場合、その部分にかかる重力が復原モーメントを生むことが特徴である。

向波中で行った模型実験の結果、付加物を設置すると、危険な状態が少なくなり転覆限界となる波高が大きくなることがわかった。本報では、135GT旋網漁船を対象に、小さいほうから A~D の4種類の付加物を設置した場合の GM 計算を行った。

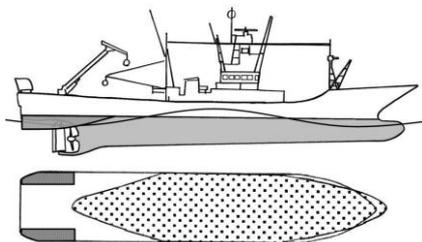


Fig.1 An image of appendages and water plane area in heading seas.

付加物を設置した場合の向波中(波長船長比 $\lambda/L_{pp}=1.2$ 、波岨度 $H/\lambda=1/18$)の GM を Fig.2 に示す。横軸が波の山が位置する S.S.No.を示し、縦軸がそのときの GM を示す。波の山が船体中央(S.S.5)にあるとき、復原力減少が起きていることがわかり、付加物によって、それが幾分抑えられていることがわかる。計算結果は、割愛するが、平水中でも付加物によって、最大復原艇が5~9%、消失角も大きくなる計算され、予備浮力設置相当の効果も持つと言える。

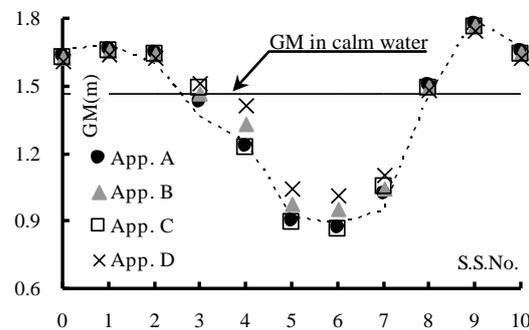


Fig.2 Effects of 4 types appendage on GM in heading seas.

3. ブローチングに関する研究

追波中を比較的高速で航行している場合、波乗りし、操舵とは反対方向に回頭するブローチングに陥る場合があることが知られている。このとき、急激な回頭運動を伴うため、大きな横傾斜が発生し、転覆の危険性がある。波による回頭モーメントが、最大操舵力を上回ることが、この発生要因の一つとされているが、それらの関係を実験的に計測した例は少ない。そこで、追・斜追波中の自由航走/拘束模型試験を行った。

3.1 追・斜追波中の自由航走試験

ブローチング中の船体運動・航跡・船速・舵力等を計測するために、追・斜追波中の自由航走試験を行った。ブローチングは、波乗り中に発生するため、実験中は、船速が平水中と比べて大きくなる。したがって、航走範囲の制限が大きいので、小型模型船が有用と考えた。しかし、通常、自由航走試験には多くの装置を模型船に搭載する必要がある。筆者らは、装置の小型化や土木用の測距装置の活用により、小型模型船による自由航走試験方法を確立・実施した。

実験は、波向角 $\chi=0^\circ$ 、船速 $U=0(m/s)$ とし、所定の回転数でプロペラを回転させ、水槽に波が伝播した後、模型船を開放した。開放と同時にオートパイロット操船に切り替え、所定の方向に保針操船させた。

ブローチング中の計測結果の例を Fig.3 に示す。この実験例の波条件は、 $\lambda/L_{pp}=1.4$ 、 $H/\lambda=1/12$ である。また、プロペラ回転数は、平水中で $U=1.45m/s$ となるように設定し、波の進行方向に対する保針方向 $\chi_c=-5^\circ$ とした。最大舵角(+35°)時に、操舵とは反対方向の負の Yaw Rate

が発達していることから、ブローチングが発生していると判断できる。このとき、船速と共に、プロペラ・舵流入速度が大きくなるため、プロペラ推力が小さくなる一方、舵力が大きくなっていることがわかった。ただ、舵力の変化をみると、舵角 30°以上は舵力が上昇しておらず、失速等が発生している可能性がある。この点は、ブローチング発生に深く関わる可能性があるため、詳しく検討を進める予定である。

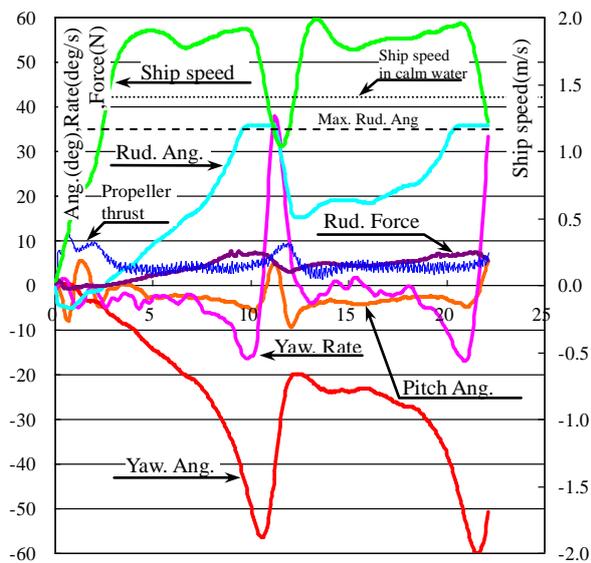


Fig.3 An example of model test in quartering seas. ($\lambda/L=1.4, F_n=0.43, \chi_c=-5^\circ$)

3.2 追・斜追波中の拘束模型試験

ブローチング中に船体が受ける波浪強制力を計測するために、拘束模型試験を行った。模型船を小型ジンバル・3分力計・ヒービングロッドを介して電車で拘束し、徐々に波に追い抜かれるように、波向角 χ を種々に変えて曳航した。前後・左右・回頭方向の波浪強制力(X_w, Y_w, N_w)を計測し、波高計で船体重心の位相位置を計測した。結果の整理に用いた座標系を Fig.4 に示す。

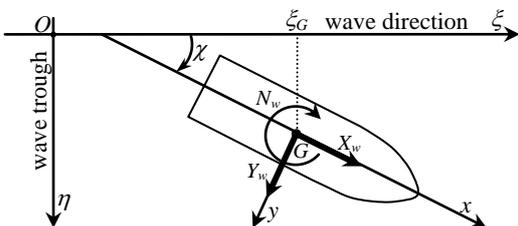


Fig.4 Coordinate systems.

X_w, Y_w, N_w を流体密度 ρ 、重力加速度 g 、波振幅 ζ_a 、船幅 B 、垂線間長 L_{pp} を用いて無次元化し、 X'_w, Y'_w, N'_w とした。また、無次元値を波の谷から谷までを基本周期としたフーリエ級数展開し、平均値・振幅・位相を示す係数 $a_0/2, A_k, \varepsilon$ (以後、近似係数と呼ぶ)を用いて、 ξ_G を変数とする(1)式で表した。

$$\left. \begin{aligned} F'_w(\xi_G) &= a_0/2 + A_k \sin k(\xi_G + \varepsilon) \\ k &= 2\pi/\lambda \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

例として、 $\lambda/L_{pp}=1.2$ における、 χ に対する近似係数の変化を実験値と近似曲線を用いて Fig.5 に示す。近似曲線は、6 次の偶数もしくは、奇数項からなる χ の多項式を用いている。図より、 χ に対する各係数の変化が、多項式でよく表現できていることがわかる。

以上より、ブローチング中に、船体が受ける波浪強制力を得ると共に、 χ を変数とする関数表現することができた。今後は、この関数を運動シミュレーションモデルに組み込み、シミュレーションと自由航走試験の結果を比較し、妥当性を確認したうえで、対策の検討を行う予定である。

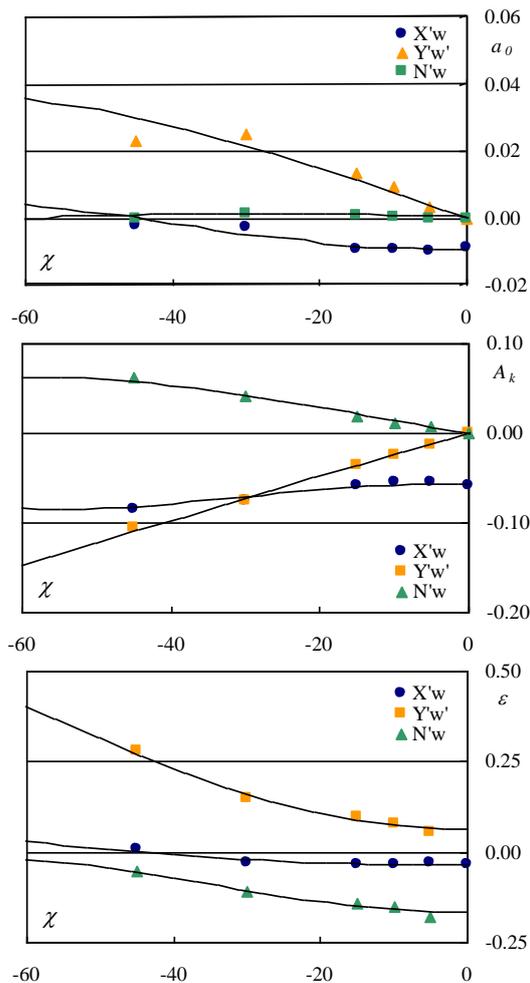


Fig.5 Variation of approximated coefficients to wave direction angle.

4. おわりに

本報では、転覆対策の提案及び、ブローチング発生機構解明の第一歩として、自由航走・拘束模型試験を行った。取り扱いの見直しが徐々に進められている漁船であるが、昨年度も多く転覆事故が報道されている。漁業者の無理な操業(ソフト面)も一因であるが、筆者らは、船型(ハード面)における対策強化が、ソフト面のバリアにもつながると考えている。本報で試みた転覆原因の解明と対策提案は、特にハード面での転覆対策に寄与するものであり、有用な研究結果を得ることができたと言える。