

船に魅せられて半世紀

ふねの知識(7) 船の復原性

池田良穂氏

水の上に浮かぶ船にとって、最も危険なのは転覆です。船は前後に細長いため、縦に転覆することはほとんどなく、横方向に転覆するのが普通です。

この転覆を防ぐのが復原力です。同じ意味で復元力と書くことも多いのですが、船の場合には復原力と書きます(広辞苑)。横傾斜に対する復原力とは、傾斜状態から元の直立状態に戻ろうとする回転力を指し、船に働く重力と浮力の作用線が左右にずれることで働く回転方向の力すなわちモーメントです。

船が直立状態から傾くと、傾いた舷側の船体がたくさん水没して浮力が増し、反対舷側の船体は水面上に浮くので浮力が減ります。このため浮力の働く中心が、水没した舷の方向にずれます。一方、船の重心は傾いても動きませんので、下向きの重力の作用線と上向きの浮力の作用線は平行にずれることにな

ります。このズレの距離がモーメントレバー、すなわちモーメントの腕となって、[浮力×腕の長さ]だけのモーメントが働くことになります。

しかし、どこまで傾いても復原力が働くわけではありません。ある傾斜角を越えると復原力は負となり、この角度を復原力消失角といいます。この角度を越えると船は正立状態に戻ることができずに転覆します。船によりませんが、復原力消失角は50~60度以上なのが一般的です。しかし中には、復原力消失角がない驚異的な船もあります。すなわち、上下反転しても自然に起き上がってくる船です。外洋ヨットや救命艇などの一部に見られ、重心を十分に下げて、起き上がりこぼしのように、たとえ上下が反転しても起き上がるように設計がされています。



重い物を吊り上げるクレーン船は平らたい船体形状をしているため、メタセンタが高くなり、非常に大きな復原性があります。



最近の大型クルーズ客船は、たいへん背が高くてトップヘビーのように見えますが、幅が広くて喫水の浅い平たい船体になっているためメタセンタが高く、大きな復原力をもっています。

では、全ての船を、このような復原力が大きな船にすればよいようにも思いますが、そうすることによる大きな欠点があるのです。それが小さな波の中でグラグラと激しく揺れることです。復原力の大きすぎる船は、転覆せずに安全ではありますが、よく揺れて荷物は動き回り、人は船酔いになるということになります。

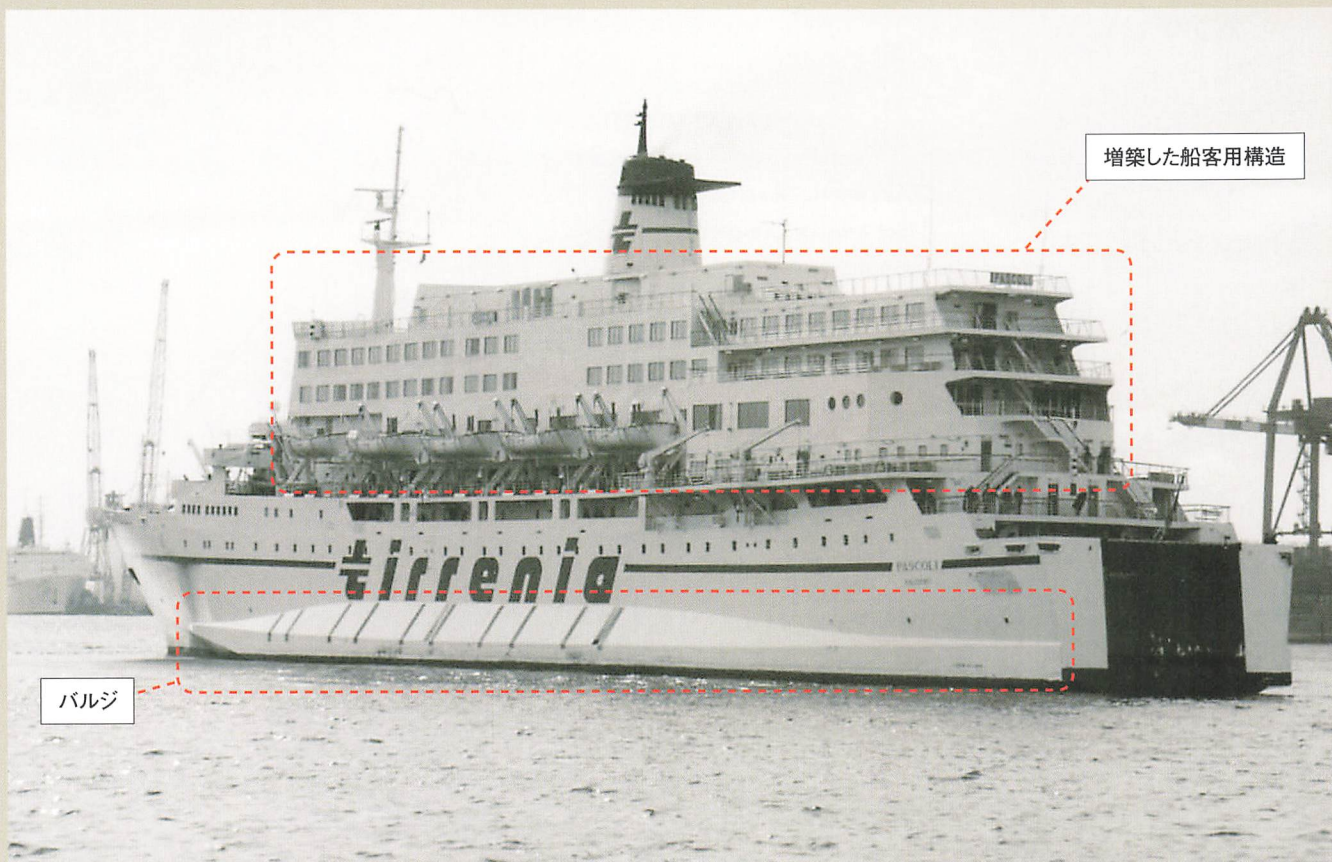
昨年7月、徳山下松港で内航コンテナ船が荷役中に転覆するという衝撃的なニュースがありました。最近のコンテナ船はデッキ上に大量のコンテナを積載しています。コンテナの重さは1つ1つ違いますので、重たいコンテナを上の方に多く積むと重心が上がって不安定になります。同じような事故が2019年にイランのバンダルアッバスの港でも起こっていますから、他人ごとではありません。

船の復原力は、重心が上がると悪化します。その

限界は、メタセンタという点の高さと重心の高さの上下関係に依存しています。メタセンタより重心が高い位置になると、復原力がマイナスになって船は転倒する方向に傾くこととなります。このメタセンタの位置は、船の幅と排水量によって決まり、幅が広いほどまた排水量が小さいほど高くなります。例えば排水量が小さく幅の広い筏(いかだ)のような平たい形の船はメタセンタが大変高く、ちょっとやそつでは転覆はしません。重量物を吊り上げるクレーン船は、幅が広く、喫水が浅く平たい船型なので、メタセンタが高く、重い物を吊ってもあまり傾きません。最近のクルーズ客船もトップヘビーな印象を受けますが、実は、幅を広くして喫水の浅い平たい船型にしているので、メタセンタが高く十分な復原力をもっていますので安心して船旅を楽しむことができるのです。

外国では、需要の増大に対応して客室を増築して旅客定員を増やしたカーフェリーなどがあります。このように増築によって重心が上がる場合には、バルジと呼ばれる構造で水面近くの幅だけを増やすことでメ

タセンタを高くして、十分な復原力を確保することもあります。ただし、前述したように復原力を大きくしすぎると乗り心地が悪くなるため、ほどほどの復原力にすることが大事になります。



旅客定員を増やすために客室用デッキを嵩上げたイタリアのカーフェリーは、水面近くにバルジと呼ばれる張り出しを付加して復原力を増加させています。

前述の転覆したコンテナ船も、重いコンテナを上の方に積みすぎて、重心がメタセンタより上になってしまったようです。それでは、貨物の重心はどのようにして計算しているのでしょうか。この貨物の積み付け計算は、1等航海士の大事な仕事です。荷役中に1つ1つの荷物の重さを調べ、船の重心がメタセンタを越えないかを注意深くチェックしています。

コンテナの場合には、1つずつの重量が計測されており、それをローディング・コンピュータで計算してコンテナ船の重心を求めていますので、重心位置の推定は正しいはず。コンピュータの結果を過信したことが招いた結果かもしれません。コンピュータへの重量の入力ミス、使い方のミスなどのヒューマンエラーが考えられます。

さて復原力をよくするのに最も効果的なのが船の幅を広くすることですが、幅の広い船はスピードを出すには向いていません。細長いスマートな船ほど抵抗は小さくスピードがでます。そこで「スピードも復原性も」と考えられたのが双胴船や三胴船です。それぞれの胴体は幅が狭くスマートなのですが、それを幅方向に離して配置することにより、実質的に幅の広い船と同様の大きな復原力を得ました。古い昔に太平洋をわたって点在するミクロネシアの島々に移り住んだ人々は、高速の双胴船や三胴船を使って広い海を安全に渡ったといえます。

こうした双胴型や三胴型の船が、現代の船としてよみがえり、主に高速旅客船として各地で活躍しています。かつて大阪港から徳島に高速双胴旅客船が就航していたのを覚えている方も多いと思いま



細い長い2つの船体を平行に並べたカタマラン(双胴)は、高い高速性と復原性を同時に得て、古くからミクロネシアの島々の交易に使われました。(ハワイ海事博物館)



博多と釜山を結ぶ航路に就航するトリマラン型(3胴)の高速客船「クイーンビートル」は復原力と高速性、そして乗り心地も追及した結果として生まれました。(オースタルシップス提供)