



研究ノート

波と船との危険な関係—船の転覆—

浜本剛実*

船や航空機などに乗ったとき、まず気にかかるのはその安全性であろう。事故のたびにその事故原因がさまざまな観点から報じられ、社会問題となる。とりわけ船の転覆、航空機の墜落に対する安全性についての考え方は文明の発展と共に人間社会とのかかわり合いが密接となり重要な設計要件となる。そこで、本稿では昭和53年夏号に引きつづき、船の転覆に関する研究の推移と概要をご紹介し、あわせて今後の課題について述べてみたいと思います。

船の転覆に関する安全基準は、我が国では昭和29年9月26日青函連絡船洞爺丸を始め5隻の連絡船が北海道では稀有な強力な台風の直撃を受けて転覆、沈没した事故をきっかけとして、昭和32年2月に制定され現在に至っている。この基準は荒天中に船がエンジンを停止して漂流状態となった場合、船にとって最も厳しい条件として、真横から定常風を受け、この定常風によって生じた波の中で船が波と同調横揺している状態を想定し、さらに風上側に船が最大限横傾斜したときに、定常風圧の1.5倍の突風を受けて風下側へ船が傾いても転覆しないと言う運動学的条件を課し、そのサバイバル・リミットを規定したものである。この考え方を分析的に取扱う理論は、前回にも述べたように、この頃までに整備されつつあった波浪の予報理論と波浪中での船体運動応答理論にあづかって力があり実用化された。この場合、海洋波は波浪の予報理論に基づいて、同じ条件の下で波形を多数記録すると、そのときの気象と過去の履歴に応じた固有の性質がその中に内蔵されているはずであると考え、その振幅をスペクトラム関数で表わし、このような海洋波の中での船体運動

の振幅は応答理論に基づいて、それぞれの周波数の波に対する船の応答関数を用いて演算される。この基準は、当時としては、導き出される過程を含めて画期的なもので、この規則が施行されて以来、我が国では復原性の不足による旅客船の転覆事故は起っていない。

ところが近年、船舶の高速化にともなって、船がその後方から来る追波中を航行しているとき、極端に大きな横傾斜をしたり、稀に突然転覆する事故が報告されている。この種の転覆は前述したように、船がエンジンを停止した後のサバイバル状態ではなく、航行中に突然起る転覆であり、乗組員の脱出が時間的に困難なことが多い。そのために、事後の原因究明はそのときの気象及び海象から推測する域を出ないことがある。このような事故は従来から高出力の艦艇で経験されており、1950年頃から、模型実験が着手され、追波中で船が転覆に至る原因として復原力損失(Pure loss of stability)、不安定横揺(Parametric oscillation)、ブローチング(Broaching-to)の3説が明らかにされている。この3説に共通しているのは波と船との寸法及び波と船との相対位置に関係して、両者の間にある条件が成立したときに、船が危険な状態になることである。

一般に船が静水中で横傾斜すると、船体没水部に働く浮力の中心が船体中心線から傾斜した側に移動し、そのために船体重心に働く重力との間に偶力モーメントが発生するので、このモーメントが船を直立の状態にもどそうとする復原力となる。この復原力は船体中心線に関する水線面二次モーメントの大きさによってその大きさがきまる。この水線面二次モーメントが追波中で減少する現象を復原力損失と呼んでいる。この減少量は船の長さと同程度の長さの波の頂に船体中央あるとき最大となる。これの理由

*浜本剛実(Masami HAMAMOTO)、大阪大学工学部、造船学教室、教授、工学博士、船体運動学

は次のように説明されている。船は航行中の耐波性や推進性能をよくするために船体前後部にはフレアがついており、船体中央が波の頂にあるとき、このフレアのついている船の前後部が波の谷に位置し水面が下がるので、この部分の船幅が静水中のそれに比べて小さくなり、水線面二次モーメントが減少する。このような原因によって大きな追波中では復原力が静水中の半分程度に減少することがある。従って、船が高速化すると、その速力が船の長さと同じ波の進行速度に近づくために、その波の頂に船体中央が位置する波と船との危険な関係が持続し易くなるので、船の高性能化を図る上で、復原性と耐波性及び推進性能とが両立するように船型を設計することが重要な課題となる。ここで言う復原性は横波中でのサバイバル・リミットの条件を満足することは勿論のこと、問題は追波中でのその減少量をどの程度に見積っておけば安全であるかである。この問題について、現在、我が国では研究・検討段階であり、国外では西独、東独・ポーランド、ソ連の各国がその指標を国際海事機構に提案しているが、まだ国際的なコンセンサスは得られていない。

次に、このような復原力損失は在来船の速力域では問題がないかと云うと、必ずしもそうではない。在来船の速力域では船の長さと同じ波の進行速度が船速よりかなり速いので、波と船とがある出会い周波数をもつようになり、これが船の横揺固有周波数の整数倍になることがある。この場合には船体中央が波の頂や谷にある状態が周期的に繰り返される。そうすると、前述した理由によって、船体中央が波の頂にあるときは復原力が減少し、波の谷にあるときは逆に増加するので、船の横揺はマシュー型の運動方程式で表わされる自励振動を起し、横揺角の振幅が次第に発達する。この横揺振幅がある程度大きくなると、舷側から多量の海水が甲板に打込み、この打込水がさらに大傾斜を誘発して転覆することがある。

さて、最後の船が操縦不能となって転覆するブローチングと呼ばれる現象については、波車とも呼ばれ、古来、船乗に恐れられて来た。この現象は船の長さの2倍くらいの長さの波の下り斜面で小型船がサーフボードのように波乗しているときに、急速な回頭をしながら外傾斜した場合によっては転覆に至る。ブローチングによる転覆の特徴は、短時間のうちに終局状態に達することで、このため転覆が必至の状態に立ち到った場合も、船上において転覆に対する措置を講じたり、陸上や他船に連絡する暇もないほどである。このため、小型船の転覆のうち少なからずがブローチングによると云われているにもかかわらず、具体的にどの位の割合を占めるか、なかなか実数を掴みにくのが実情である。このようなブローチングの発生原因については現在、模型実験等によってその発生条件が明らかにされつつあり、ブローチングが発生するのは船が波の下り斜面にある場合に限られ、波乗状態となり、波と船との出会い角が20度近辺のとき起ることが確められている。波と船とがこのような関係にあるときは、波は船を回頭させるモーメントを次第に大きくするように働き、船が波の谷に来たときその最大値に達する。この間、操舵による船の立てなおしは無力となり船の外傾斜角も最大となることが転覆の主原因と考えられている。

以上、追波中での船の転覆に関与する現象として、復原力損失、不安定横揺、ブローチングの3説をご紹介したが、これらは、いずれも波と船との危険な関係が成立したときに起る極めて稀な現象である。このような稀に起る危険な現象に対する安全性については船固有の性能はもとより、航海技術、海洋情報等を含めた海難救助体制全体のシステムとして考えられなければならない問題であろう。このようなシステムの確立には莫大な資金と国際的協力が必要となるが、人命にかかわる問題であり、一日も早く実施されることを切望する次第である。