

# PS-8 走錨事故の解析事例

流体性能評価系 \* 田口 晴邦、上野 道雄、宮崎 英樹

## 1. はじめに

平成30年9月4日、台風21号の通過時に関西国際空港沖に錨泊していた油タンカー(総トン数2,591GT、長さ89.95m、幅15.80m、深さ7.10m)が走錨して空港連絡橋に衝突し、連絡橋施設が損傷を被った結果、関西国際空港へ通じる道路、鉄道とも不通となり、大きな社会問題となった。本件事故に関しては、運輸安全委員会が調査を行い、その結果をまとめて作成された事故調査報告書が本年4月25日に公表された<sup>1)</sup>。

当所は、運輸安全委員会から委託を受けて、本件事故の発生過程及び走錨回避手法の検討を行った。本報では、本件事故発生過程の検討概要を報告する。

## 2. 事故の発生状況

運輸安全委員会の船舶事故調査報告書<sup>1)</sup>に記載された本件事故の発生状況をまとめると以下のとおりである。

「本船は、事故前日、荷役終了後、台風の接近に備え、関西国際空港沖の錨地で左舷錨を用いた単錨泊を開始した。事故当日12時30分頃、風の増勢に対応して操舵装置を中立位置にして主機の使用を開始した。13時00分頃、走錨して風下側に圧流されていることに気付き、主機を港内全速力前進とし、操舵装置を操作して圧流を止めた。その後主機を半速力前進とし、操舵装置を中立位置に戻した。13時30分頃再び風下側に圧流されていることに気付き、主機出力を航海全速力前進まで上げながら船首を風上側に向けてるように操舵装置を操作したが圧流を止められず、13時40分頃空港連絡橋に衝突した。」

## 3. 事故発生過程の検討概要

事故発生過程の検討は、①錨地付近における走錨発生前後の状況の他、②走錨後に風下・波下側に圧流されている状況についても行った。ここでは、錨地付近における走錨発生状況の検討について説明する。

### 3.1 走錨の判定

上下動を無視すると、錨泊中の船舶では、船体に作用する

水平方向の力が、錨鎖を通して錨及び海底に横たわる部分の錨鎖(係駐部)に作用する。錨及び係駐部の錨鎖に作用する力が限界(最大)係駐力を超えると、錨及び係駐部の錨鎖は海底を引きずられて移動するようになり、やがて錨が反転すると錨の把駐力は急激に減少して走錨状態に陥るとされている<sup>2)</sup>。

今回の検討では、入手された情報を考慮して、錨及び係駐部の錨鎖に作用する力が限界係駐力を超えた場合に走錨に至る状況に陥る可能性が高かったと見なすこととした。その際、準静的な状況を想定し、船体及び錨鎖に作用する慣性力及び流体力を考慮しないこととし、錨及び係駐部の錨鎖に作用する力は、船体に作用する水平方向の力に等しいと仮定した。

### 3.2 検討対象の状況

本船錨地付近における事故発生過程の検討を行った状況をまとめて表-1に示す。各時刻における船首方位等は本船のAISデータの値、風速・風向は関空島(関西国際空港)における観測値、有義波高等は気象庁の波浪解析データである。なお、ケース4は比較のために設定した仮定の状況である。

今回の検討では、錨鎖は錨位置とベルマウス位置を通る鉛直面内でカテナリー形状をなし、当該鉛直面と船体中心線を通る鉛直面は平行であると仮定して、表-1に示す各状況で、船体に作用する前後方向の風圧力( $X_A$ )、波漂流力( $X_W$ )及びプロペラ推力( $X_P$ )と係駐力( $P$ )の大きさを比較することで走錨発生の可能性について調べた。

### 3.3 係駐力、風圧力、波漂流力及びプロペラ推力の推定

事故発生時の係駐力、風圧力、波漂流力及びプロペラ推力は、概略以下のように推定した(具体的な推定式については、参考文献を参照)。また、推定に必要な各種データや図面については運輸安全委員会から提示された<sup>1)</sup>。

#### 3.3.1 係駐力の推定

本船の係駐力 $P$ は、事故発生時に使用していた錨の重量等のデータを基に、参考文献<sup>3)</sup>に従って錨の把駐力と海底に横たわる錨鎖(係駐部)の摩擦抵抗の和として推定した。その

表-1 事故発生過程の検討対象の状況

ケース	時刻	船首方位(deg.)	対地針路(deg.)	対地速度(kn)	(前1分間最大瞬間)					主機
					風速(m/s)	風向(deg.)	有義波高(m)	波周期(sec.)	波向(deg.)	
1	12:58:14	114	308.4	0.9	37.0	130	1.77	3.9	145	不使用
2	12:58:14	114	308.4	0.9	37.0	130	1.77	3.9	145	港内全速力
3	13:10:14	142	063.5	0.3	25.2	140	1.84	3.9	155	港内全速力
4	-	136	-	-	30.0	140	1.84	3.9	155	港内全速力
5	13:18:38	173	349.3	1.3	28.8	170	1.90	4.0	163	不使用

際、錨の把駐係数と係駐部の錨鎖の摩擦抵抗係数としては標準値<sup>3)</sup>を用いた。

### 3. 3. 2 風圧力の推定

本船に作用した風圧力  $X_A$  は、事故発生時の喫水（船首：約 2.40m、船尾：約 4.20m）における船体正面投影面積、藤原の式<sup>4)</sup>で推定した風圧力係数及び関西国際空港における風速・風向の観測値と本船の AIS データ（表-1）から算定した相対風速・風向の値を用いて推定した。

### 3. 3. 3 波漂流力の推定

本船に作用した波漂流力（定常波力） $X_W$  は、主要目、事故時の喫水を基に停船時の定常波力に関するデータベースを用いた推定プログラム<sup>5)</sup>で求めた定常波力の無次元値を使用し、気象庁の波浪解析データ（表-1）の有義波高、波周期及び波向に対応する相当規則波で AIS データの船首方位の出会い角に対する定常波力として推定した。

### 3. 3. 4 プロペラ推力の推定

当所が開発した船型要目最適化プログラム HOPE Light<sup>6)</sup>を用いて、本船の主要目、設計船速及びプロペラ直径から推進性能（プロペラ単独特性、自航要素）を推定し、その結果を基に、船速を 0 として事故発生時のプロペラ推力  $X_P$  を推定した。

## 4. 事故発生過程の検討結果

表-2 に各ケースにおける前後方向の風圧力  $X_A$ 、波漂流力  $X_W$  及びプロペラ推力  $X_P$  の推定結果をまとめて示す。船首向きの力を正としている。

### 4. 1 12:58:14 頃の状況

本船が最初に風下側への移動を開始した直後と推測される 12:58:14 頃の状況で、主機を使用していなかった場合（ケース 1）には、船体に作用する力（風圧力と波漂流力： $X_A+X_W$ ）の大きさは 20.78tf と推定され、限界係駐力（ $P_{lim}=11.53tf$ ）より大きくなることから、走錨に至る状況に陥る可能性が高かったと推測される。一方、12:58:14 頃の状況（船首方位及び気象・海象条件）で主機を港内全速力としていた場合（ケース 2）では、プロペラ推力を考慮した船体に作用する力（ $X_A+X_W+X_P$ ）の大きさがほぼ 0 となるため、走錨に至る状況に陥る可能性は低かったと考えられる。

### 4. 2 13:10:14~13:18:38 頃の状況

主機を港内全速力前進として本船の風下側への移動が停止した状態と推測される 13:10:14 頃の状況（ケース 3）では、船体に作用する力（風圧力、波漂流力及びプロペラ推力）の合計（ $X_A+X_W+X_P$ ）は船首向きに 9.19tf となると推定され、走錨に至る状況に陥ることはなかったと考えられる。

また、13:10:14 頃の船首方位が 136 度で最大瞬間風速が 30.0m/s に達していたと仮定した場合（ケース 4）は船尾向きに作用する外力（ $X_A+X_W$ ）の大きさが増加して 14.91tf となると推定されるが、港内全速力前進としたプロペラ推力（21.05tf）より小さいため、走錨に至る状況に陥ることは

なかったと考えられる。

更に、本船が再び風下側への移動を開始したと推測される 13:18:38 頃の状況で、主機を使用していなかった場合（ケース 5）には、船体に作用する（風圧力と波漂流力）の大きさは 14.00tf と推定され、限界把駐力（11.53tf）より大きな力が錨及び係駐部の錨鎖に作用すると考えられ、走錨に至る状況に陥る可能性が高かったと推測される。

表-2 事故時の風圧力、波漂流力及びプロペラ推力の推定結果

ケース	$X_A$ (tf)	$X_W$ (tf)	$X_A+X_W$ (tf)	$X_P$ (tf)	$X_A+X_W+X_P$ (tf)
1	-17.05	-3.74	-20.78	0.00	-20.78
2				21.05	0.27
3	-7.80	-4.06	-11.86	21.05	9.19
4	-10.85		-14.91		6.14
5	-9.72	-4.27	-14.00	0.00	-14.00

## 5. おわりに

当所が行った走錨事故の解析事例として、昨年 9 月に関西国際空港沖で発生した油タンカー走錨事故について、事故発生時の係駐力、風圧力、波漂流力及びプロペラ推力を推定し、船体に作用するこれらの力の大きさの比較から、事故発生過程を検討した結果を紹介した。

海難事故に対する国における事故原因の究明と再発防止策の立案を支援することは、当所の責務の一つであり、今後も引き続き、的確な解析を実施するよう努めていくこととしている。

## 謝辞

本報告は、運輸安全委員会からの請負解析調査の一環として実施した検討の一部を取りまとめたもので、ご指導を頂いた運輸安全委員会各位に深く謝意を表します。

## 参考文献

- 1) 運輸安全委員会：船舶事故調査報告書，MA2019-4-2（2019）。
- 2) 井上欣三：操船の理論と実際（2011），成山堂書店，pp. 203-227。
- 3) 本田啓之輔：操船通論（増補三訂版）（1992），成山堂書店，pp. 104-116。
- 4) 藤原敏文，上野道雄，池田良穂：成分分離型モデルを利用した新しい風圧力推定法，日本船舶海洋工学会論文集，第 2 号（2005），pp. 243-255。
- 5) M. Ueno, S. Ohmatsu and S. Chiaki：Estimation Program for Steady Wave Loads on Ships at Zero Forward Speed Using Database，海上技術安全研究所報告，第 16 巻第 3 号（2017），pp. 43-52。
- 6) 一ノ瀬康雄，久米健一：船型要目最適化プログラム HOPE Light，海上技術安全研究所報告，第 15 巻第 4 号（2016），pp. 13-25。