

荒天時港外錨泊の安全性評価モデル

長尾 義三* ・ 黒田 勝彦*

井上 欣三** ・ 本田啓之輔**

Safety Assessment of Mooring at Anchor under Stormy Weather

Yoshimi NAGAO, Katsuhiko KURODA,

Kinzo INOUE and Keinosuke HONDA

Abstract

The present paper proposed a probability model for evaluating the safety level of a ship moored at anchor under stormy weather such as typhoon.

It is well known that JIS-type anchor loses its holding power after making rotate the palm round the shank over 45°. Based on the results of model test, the distribution of the maximum dragging distance (Y) until the anchor loses its holding power can be approximated by the normal distribution. Accordingly, the probability that the anchor loses its holding power during the ship is dragging her anchor can be calculated as follows ;

$$P_{yf} = \int_{-\infty}^X f(Y) dY$$

where, X is the dragging distance within a certain period of time and can be estimated from the relation between the load acting on the anchor and the dragging distance which were derived from the results of model test.

Proposed model gives us many information regarding with the safety level of the mooring system, therefore, it is useful for decision making on the engineering planning and design of the mooring system under stormy weather.

1. はじめに

荒天時避泊には、港内係留と港外錨泊の2通りの方法が考えられる。船舶にとっていずれの避泊方法が有利であるかは、港内係留と港外錨泊の互いの比較の上で論じられる性格のものといつてよい。

いま、港外錨泊の安全の程度を客観的に言い表わしたり、また、これが港内係留の安全レベルとどのような関係にあるかを定量的に比較評価できるためには、それぞれ異なる現象間同志で互いに共通な評価指標を用意しなければならない。この意味において港内係留に関しては、先に係留索の切断確率を用いて安全性の水準を評価する方法⁽¹⁾について考察を加えたが、ここでは、荒天時港外錨泊する船舶の安全性の水準を走錨発生確率を用いて評価する方法について検討を行った。

本研究では、まず、錨が海底を滑る現象およびその時の特性を模型実験を通じて明らかにするとともに、走錨現象を力学的に定義する。そして、ストレス・ストレングスモデルに基づく走錨発生確率の算定法について述べ、数値計算によるケーススタディーを行う。なお、ケーススタディーに際しては錨泊中におけるバウスラストー利

* 正会員 京都大学工学部交通土木工学科 (京都市左京区吉田本町)

** 正会員 神戸商船大学 (神戸市東灘区深江南町5丁目1-1)

用の効果を定量的に明らかにする。

2. 錨泊安全性の定義

錨泊は、錨を投じて錨鎖を伸ばし、これより得られる係留力によって、船体を一定の許容範囲内に保持しようとする係留方法である。荒天下で錨泊する船体は錨を中心として8の字を描きながら左右に振れ回る。そして、この間、錨には錨鎖を介して衝撃的な力と定常的な力が交互に作用する。この時、錨の爪が海底をかき外力に対して抗抵する力を把駐力というが、この把駐力を上回る力が錨に作用すると、錨は海底を引きずられて移動する。外力が去った後、錨が本来の把駐力を回復する場合は問題ないが、把駐力の回復が期待できない場合は、船体はやがて係留力を失ってもとの位置にとどまることができなくなり、結局、風下に圧流されて走錨状態となる。

船体はいったん走錨を始めると、その運動慣性は極めて大きく、この時点で、他舷錨の投下、錨鎖の繰り出し、機関の使用等々の対策を講じても短時間のうちにこの運動慣性に打ち勝つことは難しい。また、強風の場合は、その後における船体姿勢の立て直しは極めて困難であるといわれている。

荒天下での港外錨泊においてはタグボートの支援は望むべくもなく、結局、自力で対処し得ない限りは走錨後は他の避泊船舶との衝突、または、浅瀬や防波堤への乗り揚げといった事故はほとんど避けられないと考えなければならない。このような事例は過去の記録にも多く求めることができるが、港外避泊中の事故はそのほとんどが走錨に起因して生じる事故とよく、この意味においても走錨は港外錨泊船にとって致命的であるといえる。

以上のことを考慮し、ここでは、錨泊中の船舶が一定の荒天継続期間内に走錨する確率が低い程、その船は安全であると考えことにする。

3. 走錨特性に関する模型実験

3.1 定速引張試験

3.1.1 実験の方法

一連の実験は長さ15m、幅2m、深さ1.2mの錨試験水槽において実施した。水槽および実験装置の概要を図1に示す。水槽内は $D_{50}=0.5\text{mm}$ の乾いた砂で満たされており、水槽外的一端には一定速度でワイヤーを巻き取ることができるウインチを備えている。

供試錨は径5mmのステンレス製ワイヤーを用いて繋ぎ止め、そして、このワイヤーは図1に示すように把駐力計測機構を介してウインチに導かれている。このとき、ロードセルで検出される力はペンレコーダーに連続記録される。

実験は錨を砂の上に平置した状態から始め、走錨中は錨の回転の様子を目視により観測した。また、定速引張速度は1cm/secから7cm/secの範囲とし、どの速度もほぼ同数ずつ合計73ケースについて計測を実施した。

なお、供試錨には重量の異なる3個のJIS型ストックレスアンカーを使用した。JIS型錨の外形を図2に、各供試錨の重量および代表長さを表1にとりまとめた。

3.1.2 実験結果

図3は定速引張試験において得られた錨の把駐力特性曲線の典型的な例を示し

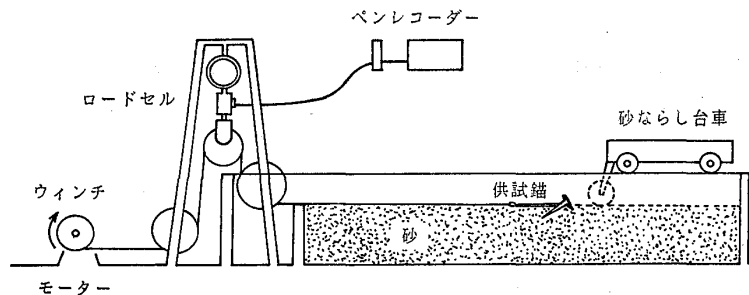


図1 錨試験水槽と定速引張装置

表1 供試錨の重量および寸法

	空中重量	代表長さ
10 kgf 型	9.8 kgf	40.5 cm
20 kgf 型	20 kgf	51.0 cm
30 kgf 型	30 kgf	58.5 cm

※代表長さは錨の全高（シャンク上端よりクラウンベッド間の高さ）

ている。図には錨の移動に伴う回転角の変化も併せて示している。ここに、回転角 90° とは平置した錨が片方の爪を砂の中に、他方の爪を砂の上に出すようにして地面に垂直に立つまで回転した状態をいい、回転角 180° は錨が完全に反転した状態をいう。

今回の実験においては、合計73ケース中、全体の80%にあたる57ケースは完全に 180° まで反転した。残りのケースは完全に反転しないまでもそれに近い状態まで回転したことが確認されている。このことから、一般にJIS型錨では、錨が海底を引きずられるときはほぼ確実に回転すると考えなければならない。

錨の把駐力特性曲線において、抵抗値が最大となる付近での平均値は最大把駐抵抗(H_D)と呼ばれ、これを錨の空中重量(W_A)に対する比で表わした値は把駐係数(H_D/W_A)と呼ばれている。図4は、各実験ケースについて把駐係数の値が引張速度とどのような関係にあるかを求めたものである。図中の直線は把駐係数と引張速度の関係を最小2乗法により直線回帰した結果を示している。これをみてわかるように、回帰直線の回りにおける把駐係数のばらつきはさほど大きくなく、また、把駐係数値に与える引張速度の影響もほとんど認められない。

回帰直線が図の縦軸を横切るときの把駐係数値は、とくに静止把駐係数(H_0/W_A)と呼ばれ、これは、錨が静止しているときの外力に対する抵抗の大きさを示している。図4から明らかなように、JIS型錨の場合、静止把駐係数も走錨時の把駐係数も共に共通した値をとり、この値は、今回実験に用いた砂質土においては平均的に4.6と推定することができる。

ここに得られた把駐係数は、錨の姿勢が安定している場合に錨が保有する最大能力を意味している。ところが、JIS型錨においては、たいていの場合姿勢は不安定であり、錨は走錨距離の増加とともにシャンクを軸に回転し、そして、回転角が大きくなるにつれて把駐力を減少させる。図5は、回転角の変化に伴う把駐力の減少の様子をすべての実験ケースについてとりまとめたものである。図の縦軸は各回転角における把駐抵抗値を最大把駐抵抗に

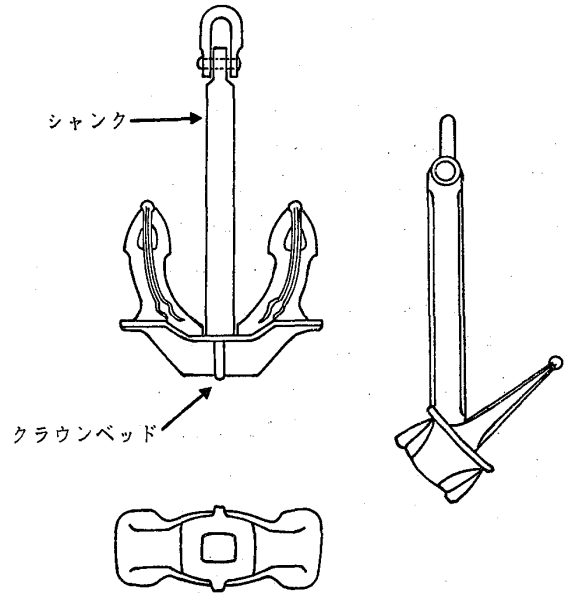


図2 JIS型ストックレスアンカー

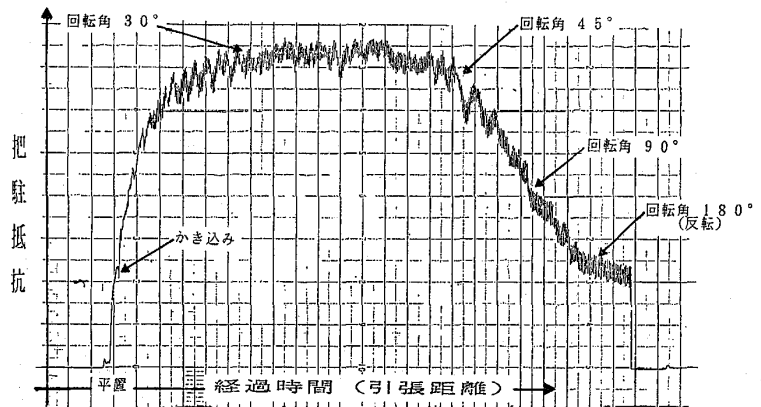


図3 把駐力特性曲線

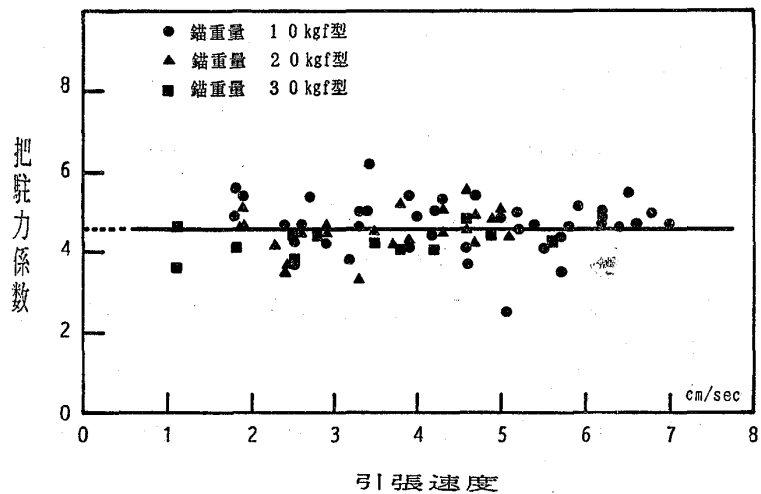


図4 把駐力係数と引張速度の関係

対する比で示している。

平均的にみれば、錨が 30° から 40° 程度回転するまでは把駐力はその最大値を維持するが、回転角がほぼ 45° になる時点を境にして急激に減少する傾向がみられる。そして、この様子は異なる引張速度、異なる錨重量のもとでも共通して現れる性質のものである。

これからわかるように、J I S 型錨では、回転角がほぼ 45° を越えると、もはや錨には本来の機能を期待することはできなくなる。したがって、J I S 型錨を使用した錨泊においては、平均的に錨の回転角が 45° になるときを目安に、それを越えた場合は、その船舶は走錨状態であるとみなすことができよう。

図 6 は、静止している錨が動き始めてからどれ程の距離移動すると走錨状態に至るかを、すべての実験ケースについてとりまとめたものである。図 6 はつまり、走錨の判定の目安を先に述べた錨の回転角の代わりに、錨が走錨状態となるまでの移動距離を用いて表わしたものである。ただし、錨の移動距離は、錨の爪が海底に搔き込んだ時点から把駐抵抗値が最大把駐抵抗値の 90% に低下するまでを対応させ、この距離 (y) は錨の代表長さ (ここでは錨の全高 h) に対する倍数で表わした。

J I S 型錨が走錨に至るまでの移動距離 (Y=y/h) は、図 6 に正規性の検定結果も併せて示したように、式 (1) の正規分布で近似できるような分布を持つことがわかる。

$$f(Y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}(\sigma_Y)} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{Y - \mu_Y}{\sigma_Y} \right)^2 \right] \quad \dots \dots \dots (1)$$

$$\mu_Y = \mu_y/h = 4.94$$

$$\sigma_Y = \sigma_y/h = 1.40$$

ただし、 μ_Y , σ_Y は分布の平均値と標準偏差を錨の全高 (h) で無次元化した値である。

3. 2 定荷重試験

3. 2. 1 実験の方法

ここでは、錨に一定の荷重が断続的に作用する場合の走錨特性を調べるために以下に述べるような実験を試みた。

実験は、先に述べた錨試験水槽のもう一方の端に設置された定荷重負荷装置を用いて実施した。この装置は図 7 に示すように、基本的には 4 本のガイドレールに沿って自由落下する落下台とその荷重を受け止めるための砲弾型のウェイトで構成されている。砲弾型のウェイトと供試錨とは径 5mm のステンレス製ワイヤーで連結し、その中間には荷重を計測するためのロードセルを取り付けた。そして、ロードセルで検出された力はオシログラフに記録した。

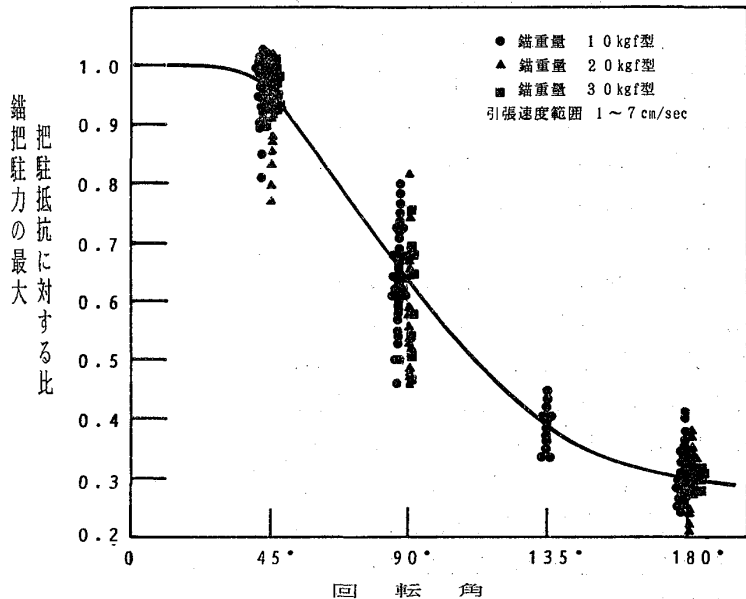


図 5 錨の回転に伴う把駐力の減少

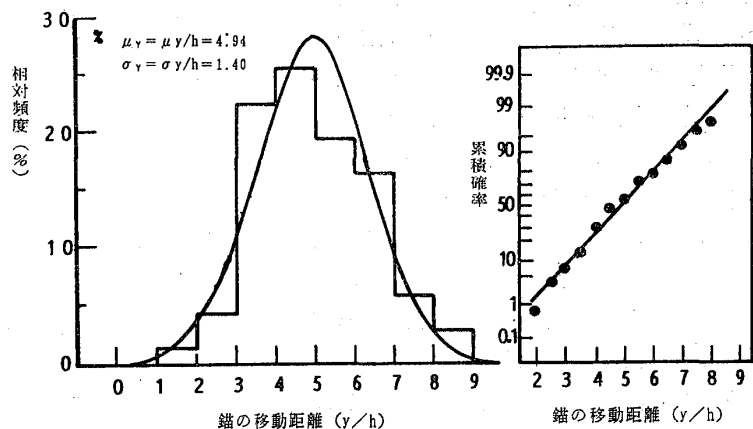


図 6 走錨に至るまでの錨の移動距離の分布とその正規性の検定

この落下台は任意の高さに固定した支持具のストッパーをはずすことにより自由落下するが、これが砲弾型のウエイトに接触すると、落下台に備えられた荷重受け板のバネが開いて落下台は下方に通過する。これにより、錨にはパルス状の荷重が作用する。このとき、落下台におもりを載せることによりその重量調節が可能であり、また、落下高さの調節、荷重受け板のバネの硬さの調節などにより、任意の大きさの荷重を作用させることができる。供試錨には、J I S ストックレスアンカーの 10 kgf 型を使用した。そして、海底の状態は水で飽和した砂地盤を模擬するために、砂の上面から 30cm の高さまで水を張り長期間放置した。

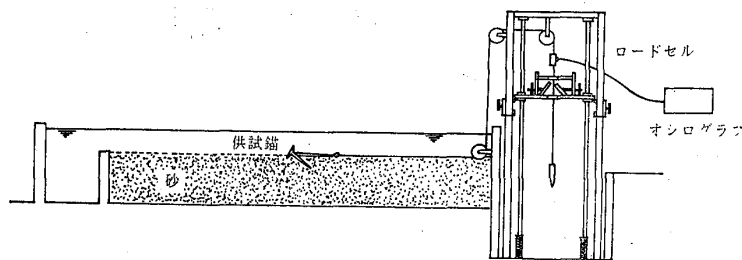


図7 錨試験水槽と定荷重負荷装置

実験にあたっては、まず錨を固定した状態であらかじめ設定した落下条件のもとでの荷重を計測する。ついで、錨を砂の上に平置した後、姿勢安定な状態で爪が十分掻き込むまで定速モーターで引っ張る。定荷重を断続的に負荷する実験は、この状態から始め、実験中は、錨に加わる荷重の大きさ、一回の荷重ごとの錨の移動量、その間の錨の回転角を計測した。

3. 2. 2 実験結果

図8は、一定荷重を断続的に作用させたときの錨の移動の様子を累積値で示したものである。図には錨固定時の荷重をパラメータに4種類の荷重レベルについて実験結果を取りまとめている。また、各プロットの傍にはその時の錨の回転角を付記した。

今回、錨が反転するまで実験が継続できたのは、錨固定時の荷重レベルが 573 kgf の場合のみであった。この結果にみられるように、J I S 型錨では、錨に断続的に荷重が作用する場合も回転することが確認された。また、定荷重1回ごとの錨の移動量は錨の回転角が 45° になるまではほぼ一定とみなすことができる。しかし、回転角が 45° を越えると、その後は1回ごとの移動量は急激に増加して走錨状態に至る。そして、この場合、走錨するまでに錨が移動した距離は $7.7h$ (h は錨の全高) であったが、いま、この値を定速引張試験から求めた図6の結果と照合してみると、この値は明らかにその分布の内に包含されていることがわかる。

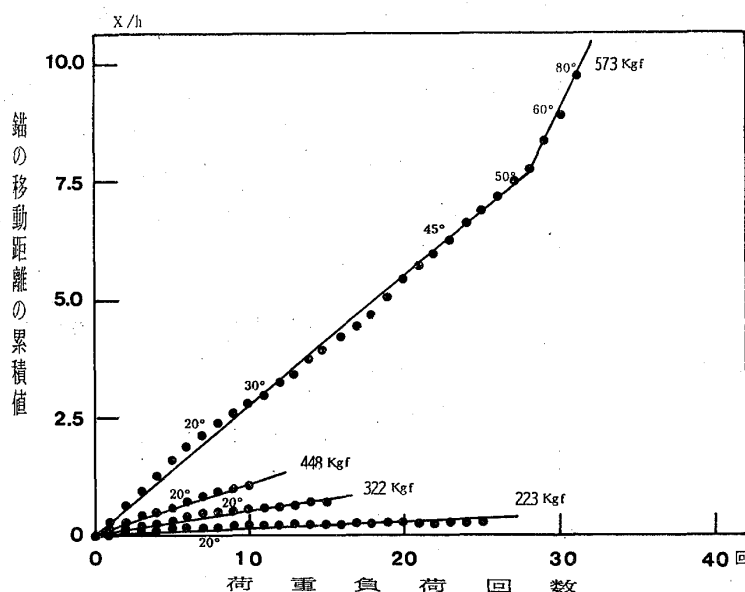


図8 断続的な荷重が作用するときの錨の移動

このように、定荷重試験の結果は錨の走錨特性に関し定速引張試験の結果と全く同様の特性を示すことがわかった。ただし、今後、定荷重試験によるサンプルは図8に求めた1例だけでなくさらに実験例を増やす必要があり、そして、走錨に至るまでの錨の移動距離の分布形を明らかにした上で、再度、図6の結果と対比検討しなければならないのはもちろんである。

一方、図8によれば、荷重レベルが低い場合でも走錨に至るまでは、定荷重1回ごとの錨の移動量はほぼ一定とみなすことができる。図9は、横軸に錨に加わる荷重の大きさを、縦軸にはその荷重1回ごとの錨の移動量をとって、両者の関係を曲線回帰した結果を示している。これより得られた回帰式は次のとおりである。

$$\frac{a}{h} = 0.158 \times 10^{-2} \exp \left[0.0896 \frac{T_D}{W_A} \right] \dots\dots\dots(2)$$

$$\rho = 0.985$$

ここに、 T_D は錨に加わる荷重の大きさ、 W_A は錨の空中重量、 a は荷重1回ごとの錨の移動量、 h は錨の全高を表わしている。

これにより、小さな荷重では錨はほとんど動くことはないが、荷重が大きくなると指数関数的に移動距離が増加することがわかる。また、式(2)より、任意の大きさの荷重について、その荷重が1回加わるごとに錨がどれ程の距離移動するかを推定することが可能となる。

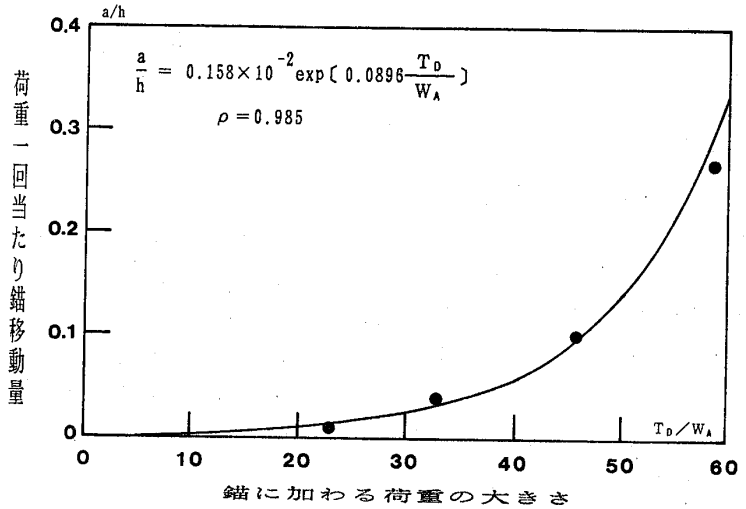


図9 荷重一回当たり錨移動量

4. 走錨の危険度評価

4.1 走錨発生確率算定法

荒天下で錨泊するとき、錨に外力が作用すると錨は海底を引きずられて移動する。このとき、姿勢不安定なJIS型錨では、錨はジャンクを軸にして回転するが、この回転角は錨の移動距離の増加とともに増大する。そして、平均的に45°程度回転する頃には錨は急激に把駐力を失って走錨する。

この場合、どれ程の距離移動すると錨は45°ほども回転して走錨状態に至るか、その目安のひとつは前述の模型実験の結果を参考にすれば、式(1)に示すような正規確率変量で与えられる。

いま、錨が走錨に至るまでの限界移動距離を Y とし、そして、一定時間 t 内に錨が合計 X の距離を移動したとすると、 t 時間経過後における走錨発生確率 P_{yf} は次のように定義できる。

$$P_{yf} = \text{Prob} [Y - X \leq 0] \dots\dots\dots(3)$$

ここに、 Y 、 X ともそれぞれ正規確率変量で与えられる場合は Y 、 X の両方の母集団からのランダムなサンプルの差 $Z = Y - X$ の確率密度関数はやはり正規分布する。

$$f_z(Z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}(\sigma_z)} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{Z - \mu_z}{\sigma_z} \right)^2 \right] \dots\dots\dots(4)$$

$$\mu_z = \mu_y - \mu_x$$

$$\sigma_z^2 = \sigma_y^2 + \sigma_x^2$$

したがって、この場合の走錨発生確率は次のように求めることができる。

$$P_{zf} = \text{Prob} [Z \leq 0]$$

$$= \int_{-\infty}^0 f(Z) dZ \dots\dots\dots(5)$$

もし、一定時間内の錨の移動距離が確定値として与えられる場合、このときの走錨発生確率は Y の値の分布と X の値から次のように求めることができる。

$$P_{yf} = \int_{-\infty}^x f(Y) dY \dots\dots\dots(6)$$

4. 2 計算手順

図10は、走錨の発生確率を計算するための手順をフローで示したものである。

まず、与えられた船体条件、係留条件、外力条件のもとで、船体がどのように振れ回るかを予測し、そして、錨に加わる力の大きさと振れ回り周期を推定する。

荒天下で錨泊する場合、錨に外力が作用するのは船体が振れ回るためである。ここでは、船体を振れ回らせる外力としては定常風圧外力のみをとりあげる。振れ回り運動中に錨に加わる力の大きさと振れ回り周期は、例えば、文献⁽²⁾などの模型実験結果から推定することができる。

錨に断続的に力が加わる時、1回ごとに錨が移動する距離 (a/h) は、式(2)から推定することができる。ただし、錨に作用する力が静止把駐力より小さい場合は、錨は動かないと考えるべきである。したがって、今回実験に用いたような砂質土の海底においては式(2)は次のような制約条件を持つ。

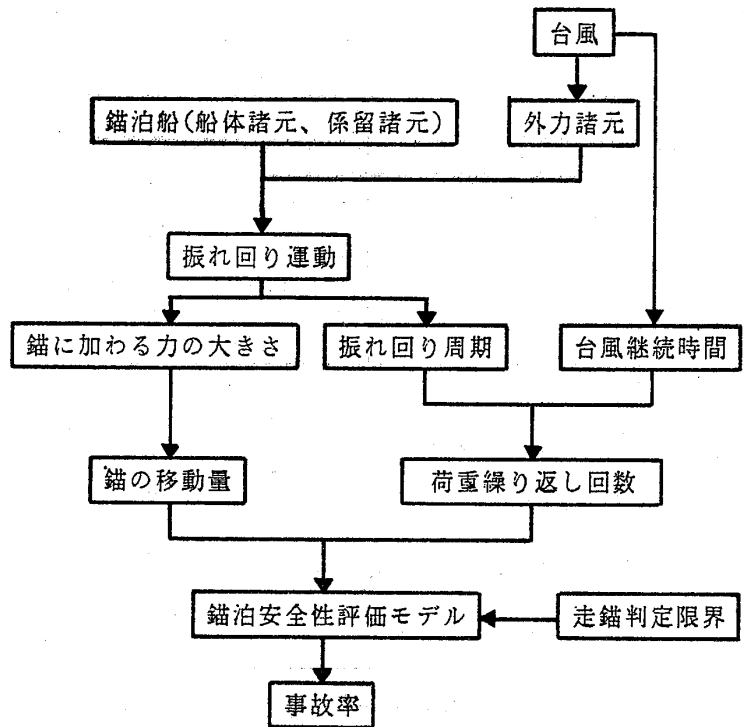


図10 走錨発生確率の計算手順

$$\frac{a}{h} = 0.158 \times 10^{-2} \exp \left[0.0896 \frac{T_D}{W_A} \right] \quad : \quad \frac{T_D}{W_A} > 4.6 \quad \dots\dots\dots(7)$$

$$\frac{a}{h} = 0 \quad : \quad \frac{T_D}{W_A} \leq 4.6 \quad \dots\dots\dots(8)$$

一方、一定時間内に錨に外力が加わる回数 (n) は、台風の継続時間と船体の振れ回り周期とから求めることができる。このように、台風継続時間中における外力の繰り返し回数が決まると、その間に累積された錨の合計移動距離 (X) は次式により求めることができる。

$$X = (a/h) \times n \quad \dots\dots\dots(9)$$

なお、ここでは定常風下での振れ回りを対象としているので、この場合、 X は確定値である。したがって、ある一定時間経過後における走錨発生確率は、式(6)より求まる。

ただし、外力の繰り返し回数 (n) は台風継続時間に依りて定まる値であるので、ここに求まる走錨発生確率は時間の関数として表わされることになる。

4. 3 数値計算例

荒天時港外錨泊する船舶の安全性を評価するためのケーススタディーとして、自動車専用船と一般貨物船を対象にモデル台風のもとでの走錨発生確率の算定を試みた。

このうち、自動車専用船は受風面積が極端に大きいので風圧外力の影響を受けやすく、それだけ荒天下での錨泊に際して危険の大きい船とされているが、文献⁽³⁾では、このような船の港外錨泊時の安全性を向上させるための施策のひとつとしてバウスラスターの有効性が示されている。そこで、ここでは、自動車専用船がバウスラスターを使用する場合と使用しない場合について、その安全性の比較も併せて行った。

計算対象とした船舶は、その主要目を表2に示すように、15,000 G. T. 型自動車専用船と 5,000 G. T. 型一般貨物船である。それぞれの船が備えるべき錨の種類は国内で最も装備実績の高いJ I S型ストックレスアシカ

表2 船体条件

船種	自動車専用船	一般貨物船
船型	15,000GT型	5,000GT型
L_{pp}	210.0m	115.0m
B	32.2m	16.3m
d	9.33m (満載等喫水)	7.36m (満載等喫水)
排水量	32,889.0 tonf	10,071.3 tonf
側面受風面積比	2.5	1.5
風圧中心 (風向角90°)	船体中央	船体中央
正面受風面積	855.9m ²	155.6m ²
正面風圧抵抗係数	0.61	0.69

表3 係留条件

	15,000GT型 自動車専用船	5,000GT型 一般貨物船	
錨の重量 (W_A)	10 tonf	2.7 tonf	JIS型ストックレスアンカー
錨の全高 (h)	3.88 m	2.52 m	h はシャンク上端からクラウンベッドまでの高さ
錨鎖伸出長	水深の9倍	水深の9倍	

表4 外力条件

風速	15 m/s	20 m/s	30 m/s	20 m/s	15 m/s
波	特に考えない				
潮流	特に考えない				

ーとし、その錨の重量および寸法は多数の船の装備実績に基づき表3に示すとおりに定めた。なお、海底の底質は砂質土を仮定し、両船とも十分な量の錨鎖を繰り出した状態での単錨泊を行うものとする。このとき、両船とも水深の9倍の錨鎖を伸出するものとした。

台風に伴う風速の時間的推移は定常風の風速レベルが3時間ごとにステップ状に変化すると考えて、ここでは、表4に示すような5つのステップからなる風速条件を設定した。

なお、バウスラスターを使用する場合は、文献⁽³⁾を参考に、風速レベルに応じて最も効果的な推力を与えるものとする。したがって、風速15m/secにおいては、その船の正面風圧抵抗の60%、風速20m/secおよび30m/secにおいては正

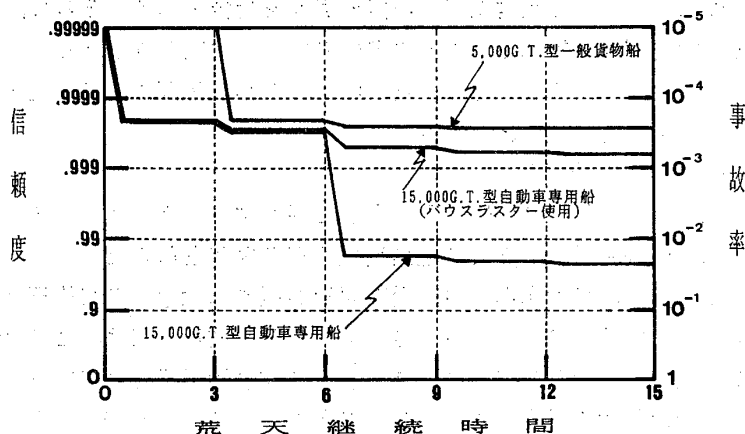


図11 自動車専用船と一般貨物船の台風下における錨泊安全性評価結果

面風圧抵抗の80%のバウスラストー推力が保持されるものとする。これにより錨に加わる力は、風速15m/secの場合は45%、風速20m/secおよび30m/secの場合は38%減衰することになる。ただし、このとき、振れ回り周期もそれぞれ1.7%および3.4%短くなる。

図11は、自動車専用船と一般貨物船に関する台風下での錨泊安全性の評価結果を示している。図の横軸は台風の継続時間を、縦軸は信頼度と事故率を対数スケールで表わしている。これにより、自動車専用船が格別の安全対策を講じないまま錨泊を続ける場合は、風速レベル30m/secに達すると走錨の危険性が極めて高くなることがわかる。しかし、バウスラストーを使用することにより、その安全性は5,000 G. T. 型一般貨物船の錨泊時とほぼ同等の水準にまで向上できる。

5. むすび

本論文では、荒天時港外錨泊する船舶の安全性を走錨発生確率を用いて定量化するための考え方について述べた。ここでは、模型実験を行って錨の走錨特性について解析し、これより得られた数値情報を基に走錨発生確率を算定した。

この実験ではJIS型錨を供試錨とし、底質は砂質土としたが、錨の型や底質がこれ以外の場合はさらに模型実験を行って、新たな数値情報を求めておくことが必要である。

参 考 文 献

- (1) 長尾・黒田・井上：荒天時港内係留の安全性評価の方法について、日本航海学会論文集，第71号，昭和59年9月
- (2) 井上欣三：荒天中錨泊の安全性向上に関する研究，日本航海学会誌 航海，第84号，昭和60年6月
- (3) 井上欣三：単錨泊船の振れ回り運動中に生じる錨鎖張力の緩和に関する研究—II バウスラストーを利用した錨鎖張力の緩和，日本航海学会論文集，第66号，昭和57年2月

質 疑 応 答

天下井 清：モデルを決めるにあたって次の2点はどのように考慮されていますか。(1)船体の振れ回り運動によって錨にかかる荷重の方向変化について。(2)錨鎖の伸出長について。

井上 欣三：(1)についてはモデルの中に特別の考慮は払っていません。自動車専用船に関する模型実験によれば、錨に衝撃的な力が働く瞬間の錨鎖角は 20° ~ 25° 程度であるようです。錨に加わる荷重の方向がこの程度偏るときの錨の移動の様子については今回実験していませんが、真っ直ぐに荷重がかかるときよりも移動距離は少ないものと想像されます。したがって、ここに提示したモデルでは、この点からみれば、走錨確率をよりシビアに見積もっていることになると考えられます。(2)の錨鎖伸出長はモデルの中では振れ回り運動の様子に影響を与えます。具体的には、錨に加わる力の大きさおよび振れ回り周期を規定し、結果として、錨の移動量や荷重の繰り返し周期を変化させる形で走錨確率に効いてきます。

及川 清：錨の把駐挙動はそれに加わる外力が定常的な場合と、衝撃的な場合で異なることが模型による水槽実験で指摘されていますが、船体の振れ回り運動にもなって係留システムに加わる衝撃荷重と錨の把駐挙動との関連はどのように考えたらよろしいでしょうか。

井上 欣三：振れ回り運動中は錨には衝撃的な力と定常的な力が交互に作用しますが、模型実験の結果を参考にしますと、一般的にみて錨が本来の把駐力を保持する限りは定常的な力は錨の静止把駐力を越えるものではないと考えてよさそうです。したがって、ここでは錨に作用する力は衝撃的な力のみを考えています。しかし、錨が一旦走錨状態になれば、その後は、船体は風下に圧流され、結局、錨には定常的な力が作用することになると考えられます。このときは、錨の把駐力は錨が海底をすべるときの摩擦抵抗が主になるとおもわれます。

久々宮 久：錨泊システムの安全性評価法についての明快な解析方法に感銘を受けました。本研究のスコープを越える質問と思いますが、敢えてご見解をお聞きます。台風のような気象状況下では意識的に船体振れ回り運動をコントロールしない限り安全錨泊はあり得ないのではないのでしょうか。

井上 欣三：自動車専用船やコンテナ船，LNG船のように受風面積の極端に大きい船型の船では，安全な錨泊を確保するためには従来から言われてきた運用上の対策以外に格別の振れ回り抑制手段を講じるなどして，通常以上に安全性を向上させることが必要なことは確かなようです。