

## 東北地方太平洋沖地震津波襲来時の 船舶の錨泊挙動の分析

### An Analysis of the Anchoring Ships' Motions Induced by The 2011 off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake Tsunami

赤倉 康寛\*・高橋 宏直\*\*・安部 智久\*\*\*・小野 憲司\*  
Yasuhiro AKAKURA, Hironao TAKAHASHI, Motohisa Abe and Kenji ONO

**要旨:** 東北地方太平洋沖地震による大津波襲来時には、多くの船舶が錨泊を余儀なくされた。東京湾では、中ノ瀬や木更津沖等に多くの船舶が錨泊し、出港までに時間を要する大型船は錨泊場所を探すのが困難であったとされている。このような状況を踏まえ、国土交通省では、三大湾における総合的な地震津波対策の一環として、大型船の錨泊場所の確保を推進している。

本研究は、衛星及び地上局受信のAISデータを活用し、東北地方太平洋沖地震津波襲来時の船舶の錨泊海域を把握すると共に、各船の錨泊時の挙動を分析することにより、津波襲来時に必要となる一船当たりの占有面積の目安値を提案するものである。

**キーワード:** 大津波, 錨泊, AIS, 占有面積

#### 1. 序論

大津波襲来時には、入港中の船舶は、緊急離棧か、係留のまま避泊するかを選択を迫られる。津波襲来までに時間的な余裕が見込まれ、体制が整う場合には、緊急離棧し、港外待避をすることになる。外洋に面している港湾では、十分な水深を持つ広い海域で漂流する方法も採れるが、湾外への待避に長い時間を要し、途中で多くの船舶が転換する航路等を通航する湾域では、湾内に錨泊場所の確保が必要となる。東日本大震災では、東京湾において、中ノ瀬や木更津沖等に多くの船舶が錨泊し、出港までに時間を要する大型船は、錨泊場所を探すのが困難であった<sup>1)</sup>。この状況を踏ま

えると、特に船舶が集中する三大湾等では、大津波襲来時に、多くの船舶が安全に錨泊できる海域が確保される必要がある。国土交通省では、今後想定される南海トラフ地震や首都直下地震による大津波を想定し、三大湾における総合的な地震対策の一環として、大型船の待避場所の確保を推進している。

船舶の錨泊に必要とされる一隻当たりの占有面積に関しては、平常時の沖待ち・沖荷役や荒天時を対象として、円運動を基本とした表1の目安が示されている<sup>2), 3)</sup>。このうち、荒天時の規模については、旧日本海軍が使用していた「操船教範」に記載が見られ<sup>3)</sup>、長い期間にわたり目安として

\* 正会員 京都大学防災研究所, \*\* 団体会員 (一財) みなと総合研究財団,

\*\*\* 非会員 国土交通省国土技術政策総合研究所

表1 平常時及び荒天時の錨泊船の占有面積

錨泊方法		海底地質又は風速	半径(m)
沖待ち 沖荷役	単錨泊	いかりがかりが良い	$L_{OA} + 6D$
		いかりがかりが悪い	$L_{OA} + 6D + 30$
	双錨泊	いかりがかりが良い	$L_{OA} + 4.5D$
		いかりがかりが悪い	$L_{OA} + 4.5D + 25$
荒天時の錨泊		風速20m/s	$L_{OA} + 3D + 90$
		風速30m/s	$L_{OA} + 4D + 145$

※)  $L_{OA}$ : 船舶の全長,  $D$ : 水深

使用されてきている。一方、津波襲来時の錨泊に関しては、東北地方太平洋沖地震津波以前において、津波避難海域についての林ら<sup>4)</sup>や風間ら<sup>5)</sup>の研究が見られる。東北地方太平洋沖地震津波以降は、大規模な津波を念頭に、船舶挙動のシミュレーションについては小林ら<sup>6)</sup>の研究が、実際の避泊行動については日本海難防止協会<sup>7)</sup>や塩谷ら<sup>8)</sup>の報告が見られる。しかし、津波襲来時を対象に、表1のような、占有面積の目安を示した既存資料は見当たらない。三大湾において、津波襲来時待避場所として必要な面積を算定するためには、この目安が必要となる。

以上の状況を踏まえ、本研究は、衛星及び地上局受信のAISデータを活用し、東北地方太平洋沖地震津波襲来時の船舶の錨泊海域を把握すると共に、各船の錨泊時の挙動を分析することにより、津波襲来時に必要となる一船当たりの占有面積の目安値を提案するものである。

## 2. 東北地方太平洋沖地震津波時の錨泊海域の把握

### 2.1 把握方法

船舶の海域における挙動を把握する方法として、AIS(船舶自動識別装置)データの活用は、非常に有効である。AISは、2008年以降、一定規模以上(外貿旅客船:全船, 外貿非旅客船:300GT以上, 内貿船:500GT以上)の船舶に搭載が義務付けられているため、広く航行データの収集が可能

であり、例えば、筆者ら<sup>9),10)</sup>の荒天時の錨泊挙動の分析や、塩谷ら<sup>8)</sup>の研究でも活用されている。

しかし、東日本大震災時には、地震発生直後に東日本の広い範囲で停電が発生し、臨海部は津波の影響を受けた。そのため、地上に設置されたAIS受信局(アンテナ等の受信施設)が機能しなくなった例が多く、筆者らが入手できた被災港の地上局AISデータは、鹿島港のみであった。

一方、技術開発により、衛星によるAIS信号の受信も可能となっている。2009年には、Orbcomm社及びexactEarth社が衛星AISのデータ配信を開始し、日本でもJAXAが2012年に打ち上げた衛星:SDS-4には、AISアンテナが搭載されている。そこで、東北地方太平洋沖地震津波時の錨泊海域の把握には、exactEarth社の衛星AISデータを使用した。地震発生当時、同社の衛星は、2基しか稼働しておらず、また、AISデータの混信(輻輳海域におけるデータ欠損)に対する対策も十分とは言えないものの、概略は把握可能なものと考えた。

錨泊中の船舶の特定は、小葉ら<sup>11)</sup>の研究を参考に、Status(船舶の状態):at anchorか、対地速度:2.5kt以下のいずれかとして判別した。この中には岸壁停泊中の船舶や、錨を下ろさずに低速漂流していた船舶も含まれ得るため、前者については、その所在位置から控除した。なお、データ時点は、2011年3月11日6時~13日14時(国際標準時、日本時間:11日15時~13日23時)とした。

### 2.2 把握結果

衛星AISデータにより、錨泊と判別された船舶の位置を示したのが、図1である。基本的に、湾内か、港湾の沖合となっていることが判る。海難審判庁<sup>3)</sup>による荒天時の錨泊海域とも一致が見られた。すなわち、荒天時と津波襲来時の錨泊海域は基本的に同じであり、安全な錨泊が可能と想定

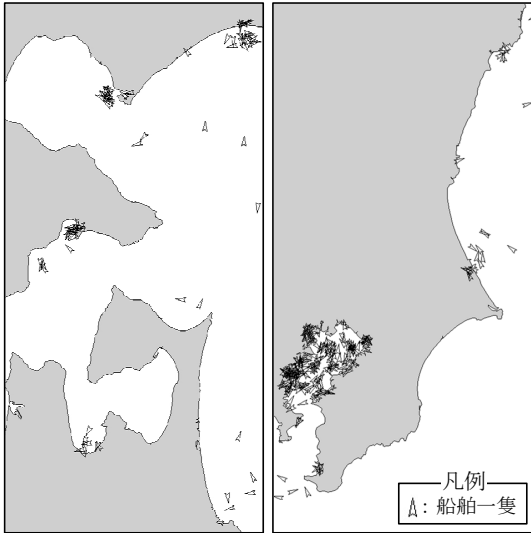


図1 東北地方太平洋沖地震津波時の錨泊状況

される比較的広い湾内や、港内で停泊・荷役していた船舶が一旦荷役等を中止した場合に、当該港湾の沖合での錨泊を選択したものと推察される。

次に、主要海域における錨泊確認数を整理したのが、表2である。前述の通り、衛星AISデータでは、輻輳海域がアンテナ受信範囲に入っている場合に混信が発生する。そのため、東京湾及びその周辺での受信では、データの欠損が多くあったものと想定される。これを踏まえても、東京湾での錨泊隻数は群を抜いていた。なお、後ほど使用する鹿島港の地上局受信AISデータでは、同期間の沖合錨泊船舶：12隻、漂流中船舶：5隻の合計：17隻であった(衛星AISデータの捕捉率：約6割)。

表2 主要海域における錨泊確認数

海域	隻数	海域	隻数
苫小牧港沖	17	釜石港沖	1
室蘭港沖	17	仙台湾	5
函館湾	17	小名浜港沖	5
青森湾	4	鹿島港沖	10
八戸港沖	4	東京湾	135
久慈港沖	1		

※) 港湾沖の場合、沖合約3km以内の隻数

### 3. 各船の錨泊挙動の把握

#### 3.1 把握方法

地上のAIS受信局にて得られたAISデータを用いて各船の錨泊挙動を把握した。対象としたのは、表2に記載された海域のうち、国土交通省の地方整備局等及び国土技術政策総合研究所においてデータを受信した函館湾及び東京湾と、Orbcommによる鹿島港沖の計3海域である。

対象船舶は、IMO番号により船舶の諸元が確認できた船舶で、一定規模以上として、全長：75m(貨物船で、載貨重量トン数(DWT)が概ね1,500～2,000t)以上とした。

対象期間は、津波襲来時：2011年3月11日15時～12日14時と、その後の平常時：3月13日0時～23時とした。津波襲来時については、最大波襲来時に錨泊している船舶を対象とする必要がある。各海域における津波到達時間<sup>12)</sup>より(表3)、東京湾及び鹿島港沖は17時前に、函館湾は22時前に錨泊を開始していた船舶のみを把握対象とした。平常時についても、錨泊の時間が十分に長く、同心円の形状が把握できた船舶のみを対象とした。AIS信号は最短2秒間隔で発信されるが、5分間隔に間引いて表示させた。

表3 各海域における津波到達時間・高さ

海域	観測地点	第一波		最大波	
		到達時	高さ(m)	到達時	高さ(m)
函館湾	函館	16:15	1.83	23:35	2.39
鹿島港沖	銚子	15:13	2.30	17:22	2.50
東京湾	横浜	16:10	0.82	17:38	1.55

各海域における津波襲来時の船舶の航跡を表示したのが、図2である。図1とは異なり、船舶の大きさは実寸で表示しており、錨泊中の船舶は、航跡が集中するため、小さい縮尺では黒点のようになる。特に、東京湾で多くの船舶が錨泊している様子が確認できる。表4は、津波襲来時及び平



図2 東北地方太平洋沖地震津波時における航跡図（東京湾・函館湾・鹿島港沖）

表4 各海域における錨泊挙動把握隻数

海域	津波襲来時	平常時	
函館湾	7	9	
鹿島港沖	4	5	
東京湾	木更津港沖	10	11
	中ノ瀬	16	19
	横浜港沖	9	18
合計	46	62	

表5 把握船舶の全長

全長	函館湾	鹿島港沖	東京湾
-99m	1	3	6
100m-	4	0	23
150m-	2	1	2
200m-	0	0	0
250m-	0	0	3
300m-	0	0	1

常時の各海域における錨泊挙動の把握対象隻数である。東京湾は、湾奥部は、錨泊開始時間が遅い船舶が大半であったことから、木更津港沖、中ノ瀬及び横浜港沖を対象とした。最大波襲来後に錨泊を開始した船舶も多かったことから、いずれの海域でも、平常時の方が、把握隻数が多くなった。

また、表5及び表6に、津波襲来時の挙動を把握した船舶のデータを示す。表5の全長では、150m未満が多いものの、東京湾では300mを超える巨大船も錨泊していたことが判る。表6の船種では、全般的にはGeneral Cargo（一般貨物船）が最も多かったが、函館湾ではほとんどがBulk Carrierであり、海域により多少の相違が見られた。

表6 把握船舶の船種

船種	函館湾	鹿島港沖	東京湾
Gen. Cargo	1	2	12
Container	0	0	4
Bulk	6	1	6
PCC	0	0	4
Ro/Ro	0	0	2
Tanker	0	1	5
Other	0	0	2

### 3.2 平常時の錨泊挙動

まず、平常時（3月13日）での錨泊挙動を確認する。典型例を図3に示すが、航跡は同心円を描いていた。これは、単錨泊で、錨鎖の海底に横たわっている部分が把駐力及び摩擦力により安定し

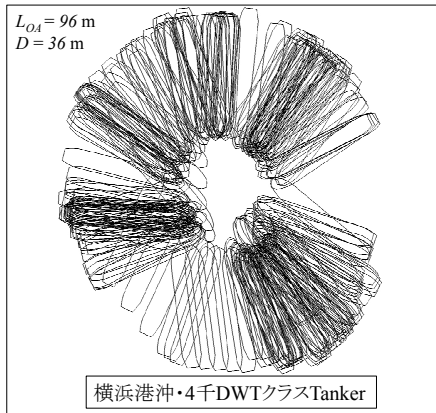


図3 平常時の錨泊挙動の例

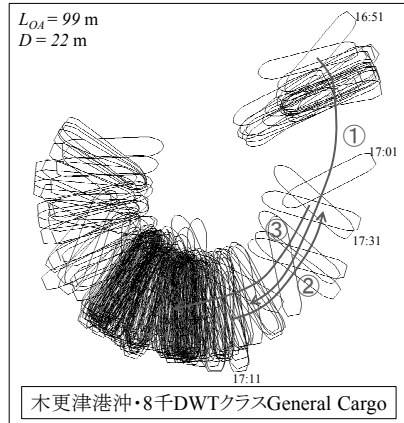


図5 東京湾の津波襲来時の錨泊挙動の例(1)

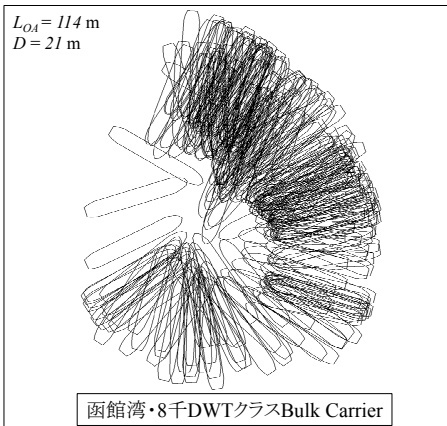


図4 平常時に振れ回り運動があった錨泊挙動例

ていて動かず、懸垂部だけで動いている状態である。風・潮流が強くないため、この場合の一船当たりの占有面積は、表1の沖待ちの値より小さくなるのが想定される。

また、函館湾については、13日の5時前まで、最大瞬間風速：約20m/sの強風があり（函館気象台観測記録）、一部の船舶で振れ回り運動が見られた。その例を図4に示す。同心円に加えて、上方部に斜め横方向の振れ回り運動が見られる。

### 3.3 東京湾での津波襲来時の錨泊挙動

次に、津波襲来時（3月11日15時～）の錨泊

挙動を、海域別に確認する。

東京湾における、津波襲来時の錨泊挙動の典型例が、図5である。当該船は、津波襲来前より当該地点において錨泊中であり、16:50頃～17:50頃に津波の流れによって3回急激に流されており（以下、「流下」という。）を経て、18時以降は平常時の同心円状航跡となっていた。

図6は、津波流下の方向が、図5とは少し異なった例である。当該船も、津波襲来前より当該地点にて錨泊中であり、16:50頃～17:50頃において津波による4回の流下を経て、平常時の同心円状航跡に移行していた。その際、同心円の中心位置が津波流下時にずれており、③の流下において錨鎖を伸ばしたものと推察される。この場合、錨鎖を伸ばしていないと見られる図5のパターンと比べて、占有面積が大きくなる可能性が想定される。

### 3.4 鹿島港沖での津波襲来時の錨泊挙動

鹿島港における、津波襲来時の錨泊挙動の典型例が、図7である。当該船も、津波襲来前より当該地点にて錨泊中であり、錨泊後も同じ同心円に戻っていることから、東京湾の図5と同じパターンである。しかし、鹿島港沖では、津波高さが東京湾に比べて高いため、流下の振れ幅が大きく、7

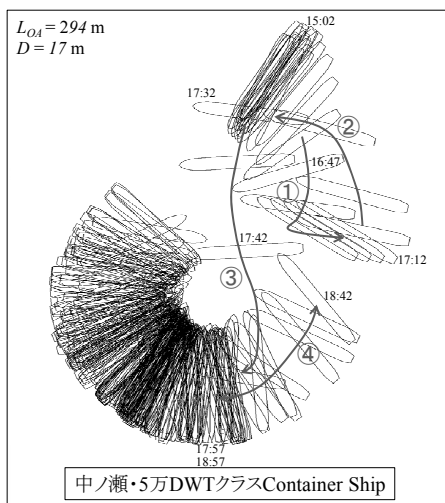


図6 東京湾の津波襲来時の錨泊挙動の例(2)

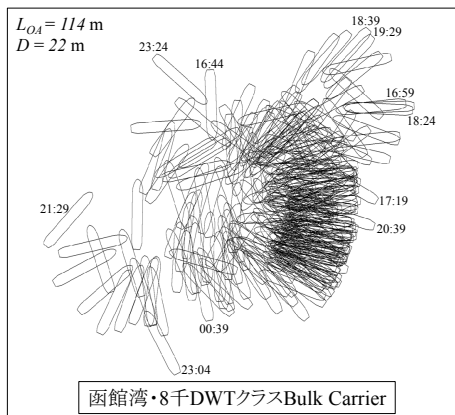


図8 函館湾の津波襲来時の錨泊挙動の例

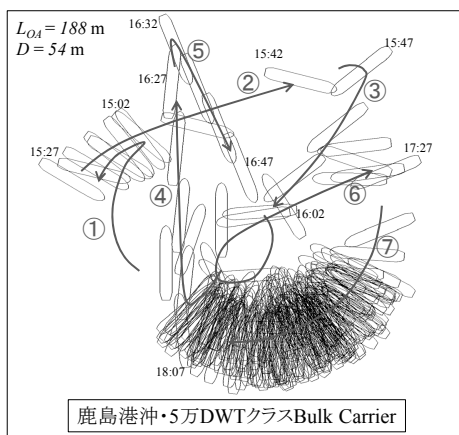


図7 鹿島港沖の津波襲来時の錨泊挙動の例

回の流下が見られた。

### 3.5 函館湾での津波襲来時の錨泊挙動

函館港における、津波襲来時の錨泊挙動の典型例が、図8である。当該船は、16時20分頃に函館港の棧橋を離れ、17時前に当該地点に到着し錨泊を開始。直後から、津波による流下が見られ、何度もの流下を経て、12日0時過ぎ頃から同心円状の航跡となっていた。函館湾は、最大高さの津波が23時台にあり、東京湾や鹿島港沖に比べて一

定規模以上の津波数が多かったと見られ、図8には図示しきれない程多くの流下が確認された。

## 4. 錨泊挙動の分析

### 4.1 挙動の模式化

前章で、各海域における錨泊挙動の例を確認したが、いずれも、平常時の同心円状航跡と、津波による流下航跡で構成されていた。そこで、津波による流下を一方向とみなし、走錨もない状態における航跡を模式化したのが、図9である。同心円が横ずれしていく円柱形となる。

ここで、平常時の同心円直径を  $L_S$ 、津波による流下全長を  $L_L$  とすると、その占有面積  $S$  は、(1)式により算定される。

$$S = \pi(L_S/2)^2 + L_S(L_L - L_S) \quad (1)$$

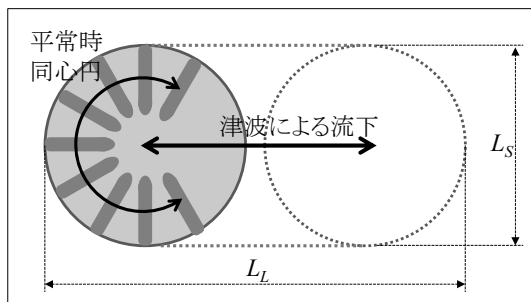


図9 津波襲来時の錨泊挙動の模式図

## 4.2 測定結果

(1)式による占有面積を算定するため、3月13日の航跡より平常時直径： $L_S$ を、津波襲来時の航跡より流下全長： $L_L$ をそれぞれ測定した。具体的には、図3～図8のように、AISデータより航跡を図示し、これを包含する円（函館湾の振り回り運動も含め）により測定した。

また、これらの長さは、船舶の大きさと当該地点の水深に影響を受けると想定されたため、まずは、いかりがかりが良い場合の沖待ち・単錨泊の基準直径 ( $2(L_{OA}+6D)$ ：表1、以下「平時基準直径」という。)により無次元化した。ここで、水深  $D$  は、錨泊中心地点の水深を、文献13)より1m単位で整理した。

図10は、平常時直径の平时基準直径による無次元値であるが、全般的に平时基準直径より小さくなっていた。海域により大きな差はなく、1.0を大きく超えていたのは、東京湾の1隻だけであった。

図11は、津波流下全長の平时基準直径による無次元値であるが、全般的に平时基準直径より大きくなっていた。また、海域による差はほとんどなかったものの、図10の平常時直径に比べて、分散が大きかった。また、図10及び図11のいずれの無次元値も、船舶規模とは関係性が見られなかった。

図11の分散が大きかったため、津波流下全長を荒天時 (30m/s) の基準直径 ( $2(L_{OA}+4D+145)$ 、以下「荒天基準直径」という。) で無次元化してみたのが図12である。これにより分散が縮小し、全体が1.2以下に収まった。この結果からは、津波襲来時は、多くの船舶が荒天時を目安とした錨鎖長を選択したものと推察される。

## 4.3 占有面積の分析

まず、平常時直径と津波流下全長を、それぞれ平时基準直径による無次元値の平均 ( $L_S=0.73$  及び

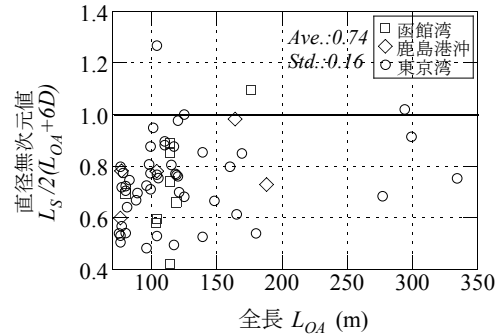


図10 平常時直径の平时基準直径による無次元値

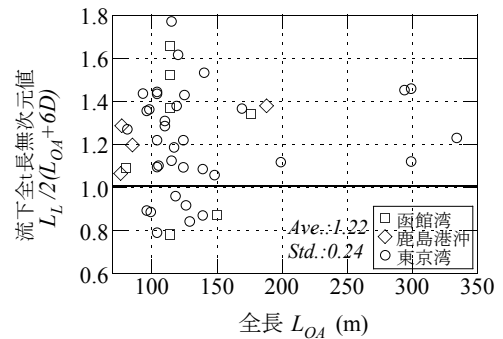


図11 津波流下全長の平时基準直径による無次元値

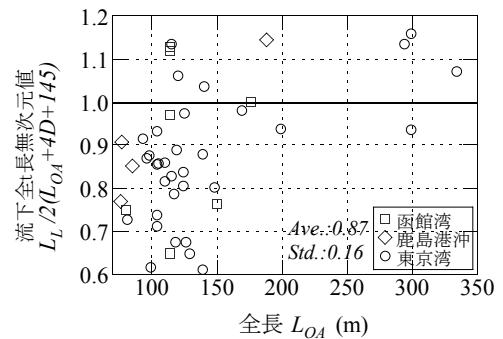


図12 津波流下全長の荒天基準直径による無次元値

$L_L=1.22$ ) として、(1)式より占有面積  $S$  を算定すると、平时基準直径による円面積 ( $\pi(L_{OA}+6D)^2$ ) の0.99倍となり、ほぼ沖待ち・単錨泊の占有面積に等しくなった。

さらに、平常時と津波襲来時の両方において測定できた船舶について、占有面積  $S$  を測定した結

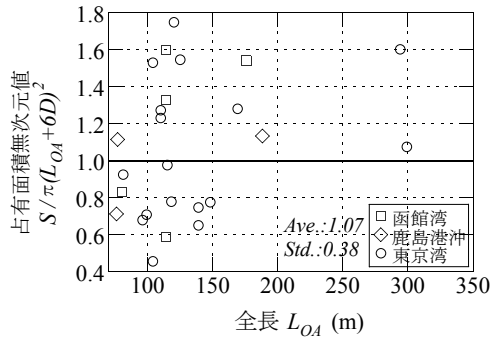


図 13 津波時占有面積の平時基準直径による円面積での無次元値

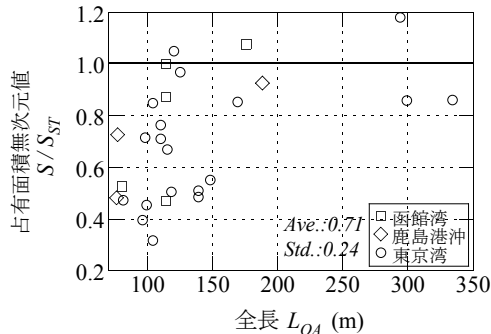


図 14 津波時占有面積の平時・荒天基準直径を用いた占有面積による無次元値

果が図 13 である。平時基準直径による円面積で無次元化した。全 17 隻の平均は 1.06 で、やはり平時基準直径による円面積と大きな差はなかった。しかし、津波流下全長と同じく、分散が少し大きめであった。また、海域による差異については、鹿島港沖が少し小さめであった（平均：0.98）。

ここで、津波流下全長は、平時基準直径より、荒天基準直径に対する分散の方が小さかったことから、図 9 の円柱形に対して  $L_S$ ：平時基準直径、 $L_L$ ：荒天基準直径とした場合の面積： $S_{ST}$  に対して、図 13 と同じ 17 隻の占有面積を見た結果が図 14 である。大半が 1.0 より小さく、分散も図 13 より小さく、海域により大きな差もなかった。

#### 4.4 津波規模に対する分析

前節までの分析では、海域により、津波流下全長や占有面積に大きな差が見られなかった。しかし、表 3 に見られるように、海域により津波の規模は異なっている。そこで、より詳細に分析をするため、得られたデータ<sup>14), 15)</sup>の中から、3 海域に近い地点での津波観測記録を示したのが図 15 である。錨泊地点のデータではなく、水深や地形が異なることから、あくまで参考程度であるが、鹿島港沖に近い銚子漁港では早い時間に高い波高が記録されており、また、函館港に近い苫小牧西港では 3 月 12 日になっても何度か 1m を超える波高が記録されていた。これらの津波規模は、大規模な流下が見られた鹿島港沖の記録：図 7 や、長い時間の流下が見られた函館湾の記録：図 8 と、ある程度傾向が一致していた。

津波の規模に関して、流下力が大きい場合に、津波流下全長を荒天基準直径とした場合の円柱形の占有範囲 ( $S_{ST}$ ：図 9) を越えて振れ回る可能性が危惧される。そこで、対象海域の中で、最大津波高さが高く（表 3）、最も流下力が大きかったと想定される鹿島港沖について、津波襲来時～平常時（日本時間：11 日 15 時～13 日 23 時）を通して航跡を確認し、図 9 の占有範囲を当てはめたのが図 16 である。津波襲来時の錨泊が確認された 4 隻のうち、13 日の午前中まで錨泊中であった 3 隻を対象とした。

図において、2 千 DWT クラスの Tanker と General Cargo は、平常時の同心円航跡が平時基準直径による円より小さく、津波流下全長も荒天基準直径より小さく、全体航跡は、提案した占有範囲に対して余裕があった。一方、5 万 DWT クラスの Bulk Carrier は、平常時の同心円航跡が平時基準直径とほぼ同じ大きさであり、津波流下による航跡は、荒天基準直径を多少越えている部分が見られた。



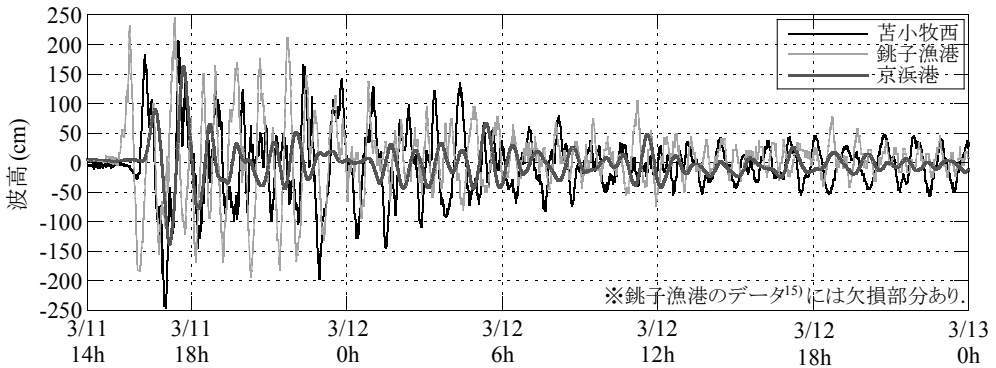


図 15 対象海域に近い地点での津波観測記録<sup>14), 15)</sup>

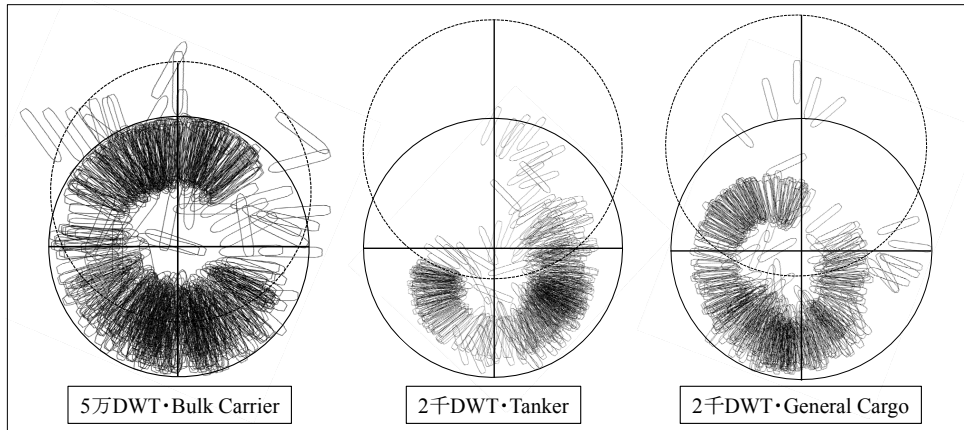


図 16 鹿島港沖での基準直径による占有範囲と航跡の比較

また、津波は、沖合から沿岸に伝達する過程において、屈折等の波変形を受ける<sup>16)</sup>ため、5万 DWT クラスの Bulk Carrier 及び 2千 DWT クラスの General Cargo では、主たる流下方向と異なった方向への流下も見られた。

#### 4.5 占有面積の目安値 (案)

これまでの分析を基に、本研究では、津波襲来時の占有面積の目安値 (案) として、津波流下全長を荒天基準直径、平常時の同心円直径を平時基準直径とする円柱形範囲 (面積:  $S_{ST}$ ) を提案する。実際の占有面積は、平均的には平時基準直径による円面積と同程度 (図 13) であるが、目安値とし

ては、ある程度のカバー率 (余裕度) を見る必要がある。平時基準直径が、図 10 に見られるようにほぼ全体をカバーできる数値となっていることを踏まえると、図 12 より荒天基準直径は津波流下全長の目安値として、同レベルのカバー率を保有していると見ることが出来る。これは、船舶や状況によるが、船舶が津波予報を受けて錨泊する場合に、津波による流速がどのくらいになるかが不明の状態の中で、余裕をみた錨鎖長 (= 荒天時) において津波襲来に備えていたものと解釈することができ、今後の巨大津波に対しても同様の挙動が想定される。ここで、津波流下力が大きかった鹿島港沖では、津波流下がこの目安値を越える範囲

に及んでいた船舶もある点には留意が必要である。しかし、実際には、錨泊地において船舶がきれいに整列することはないし、走錨の可能性も考慮すると、泊地面積の算定に当たって、各船の錨泊占有範囲に対して、適切な船間距離を確保することが必要であると考えられる。

## 5. 結論

本研究は、AIS データを活用し、東北地方太平洋沖地震津波襲来時の船舶の錨泊海域を把握すると共に、各船の錨泊時の挙動を分析することにより、津波襲来時に必要となる一船当たりの占有面積の目安値の提案を目的とした。本研究で得られた結論は、以下のとおりである。

- (1) 東北地方太平洋沖地震津波襲来時の錨泊海域は、東日本太平洋側の主要な湾域や港湾沖であり、荒天時の錨泊海域との一致が見られた。
- (2) 津波襲来時の実際の占有面積は、平均的には、平常時の沖待ち・単錨泊の基準直径による円面積と同レベルであった。
- (3) 津波襲来時の錨泊面積としては、津波流下全長を荒天時 (30m/s) の基準直径とする円柱形範囲を提案した。この目安値は、実際の占有面積に余裕を見た数値であるが、津波流下力が大きい場合や異なった方向へも流下する場合には、この範囲を超える場合もあり得る。

本研究は、実際の錨泊挙動により占有面積の目安値を提案したが、更なる巨大津波に対する適用性には課題がある。より精度を高めるために、操船シミュレーション等により、多様な条件下での錨泊挙動を捉えていく必要があると考えている。

## 謝辞

研究の実施に当たっては、大津皓平東京海洋大学名誉教授、芳村康男北海道大学教授及び津金正典東海大学元教授に貴重なご助言を頂きました。

また、AIS データの分析に関しては、(株)IMC の柴田勝規 IT システム部長にご協力を頂きました。さらに、研究の推進にあたっては、一般社団法人港湾空港総合技術センターのご支援を頂きました。ここに記し、感謝の意を表します。

## 引用・参考文献

- 1) 国土交通省：東日本大震災時の船舶の避難行動について、交通政策審議会港湾分科会防災部会，第4回，資料6，2012。
- 2) 社団法人日本港湾協会，運輸省港湾局監修：港湾の施設の技術上の基準・同解説，1999。
- 3) 海難審判庁：海難分析集 No.6，台風と海難，2006。
- 4) 林美鶴・久保雅義・小林栄一・石田憲治：大規模地震時の津波避泊区に関する基礎的研究，日本航海学会講演予稿集，Vol.115，pp.177-182，2006。
- 5) 風間隆宏・中村隆・伊藤敏朗・大塚浩二・佐藤勝弘・今津雄吾：津波による船舶被害軽減のための避難海域に関する検討，海岸工学論文集，Vol.53，pp.1356-1360，2006。
- 6) 小林栄一：津波を受ける船舶の挙動解析と対策について，船舶の津波対策シンポジウム講演資料集，2013。
- 7) 公益社団法人日本海難防止協会：2012年度大地震及び大津波来襲時の航行安全対策に関する調査研究報告書，2013。
- 8) Shigeki Shiotani, Hidenari Makino and Daisuke Terada: Analysis of Ship Behavior in Tsunami Using AIS Data, Proceedings of Coastal Engineering, JSCE, Vol.2, pp.21-25, 2001.
- 9) 安部智久・安藤和也・赤倉康寛：大型バルク船を中心とした湾域での避泊実態の分析，国土技術政策総合研究所資料，No.754，2013。
- 10) 高橋宏直・竹村慎治：NILIM-AISによる三大

湾避泊実態（平成 21 年台風 18 号）に関する分析，国土技術政策総合研究所資料，No.561，2010.

- 11) 小葉武史・韓成一・若林伸和：AIS データを用いた船舶沖まち行動の分析，日本船舶海洋工学会論文集，Vol.11，pp.165-171，2010.
- 12) 気象庁：地震火山月報（防災編）平成 23 年 3 月，2011.
- 13) マリーネットワークス株式会社：みんなの海図，<http://mar-nets.com/>，2013.
- 14) 国土交通省港湾局・独立行政法人港湾空港技術研究所：全国港湾海洋波浪情報網（ナウファス）波浪データ，<http://nowphas.mlit.go.jp/nowphasdata/sub300.htm>
- 15) 一般財団法人気象業務支援センター，気象庁編集：津波観測資料（2011 年～2012 年），2013.
- 16) 社団法人日本港湾協会，運輸省港湾局監修：港湾の施設の技術上の基準・同解説，2007.

## 著者紹介

### 赤倉 康寛（正会員）

京都大学防災研究所（京都府宇治市五ヶ庄），平成 7 年 3 月東北大学大学院工学研究科土木工学専攻修了，同年 4 月

運輸省入省，平成 24 年 6 月より京都大学准教授，博士（工学），土木学会会員.

E-mail:akakura.yasuhiro.6n@kyoto-u.ac.jp

### 高橋 宏直（団体会員）

みなと総合研究財団（東京都港区虎ノ門 3-1-10），昭和 56 年 3 月名古屋工業大学大学院工学研究科土木工学専攻修了，同年 4 月運輸省入省，平成 24 年 12 月よりみなと総合研究財団客員研究員，博士（工学），土木学会会員.

E-mail:takahashi@wave.or.jp

### 安部 智久（非会員）

国土技術政策総合研究所（神奈川県横須賀市長瀬 3-1-1），平成 7 年 3 月東京工業大学大学院理工学研究科土木工学専攻修了，同年 4 月運輸省入省，平成 24 年 7 月より港湾研究部港湾計画研究室長，修士（工学），土木学会会員.

E-mail:abe-t252@ysk.nilim.go.jp

### 小野 憲司（正会員）

京都大学防災研究所（京都府宇治市五ヶ庄），昭和 55 年 3 月京都大学大学院工学研究科土木工学専攻修了，同年 4 月運輸省入省，平成 24 年 6 月より京都大学教授，博士（学術），土木学会会員，日本港湾経済学会会員，日本物流学会会員，Eastern Asia Society for Transportation Studies 会員.

E-mail:ono.kenji.5z@kyoto-u.ac.jp

## **An Analysis of the Anchoring Ship's Motion Induced by The 2011 off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake Tsunami**

Yasuhiro AKAKURA, Hironao TAKAHASHI, Motohisa Abe and Kenji ONO

**ABSTRACT :** At the time of the large-scale tsunami by the 2011 off the Pacific coast of Tohoku earthquake, many ships were obliged to anchoring. In the Tokyo Bay, many small ships anchored at Nakanose, offshore of Kisarazu etc. Therefore, it was difficult for large ships, which takes time to leave ports, to look for anchoring area. Based on this condition, Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism promotes to establish the area for large ship anchoring, as part of overall earthquake and tsunami countermeasures at three major bays. This study intends to grasp anchoring area at the 2011 off the Pacific coast of Tohoku earthquake tsunami and to present a guide of occupied area for each anchoring ship attacked by large-scale tsunami by using satellite and land AIS data.

**KEYWORDS :** *Large-Scale Tsunami, Anchoring, AIS, Occupied Area*