



荒天錨泊中における船体の振れ回り抑止実験

矢野, 吉治
有田, 俊晃
若林, 伸和

(Citation)

神戸大学大学院海事科学研究科紀要, 05 <商船・理工論篇>:73-83

(Issue Date)

2008-07

(Resource Type)

departmental bulletin paper

(Version)

Version of Record

(JaLCOI)

<https://doi.org/10.24546/81001096>

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/81001096>



荒天錨泊中における船体の振れ回り抑止実験

A Swing Control Experiment of a Ship at Anchoring under Stormy Weather

矢野吉治 有田俊晃 若林伸和

Yoshiji YANO, Toshiaki ARITA and Nobukazu WAKABAYASHI

(平成20年3月24日 受付)

Abstract

Some powerful typhoons are approaching and hitting directly to mainland of Japan every year. Before and after typhoon passing, miserable and extensive marine disasters that related to anchoring have occurred in the past. To secure a safe anchor riding under stormy weather, the captain judges to use both bower anchors for reinforce the holding power or judges to use a single anchor with dropping another bower as a short-scope anchor. If the swing control of a ship can be done, the wind pressure can be reduced. Then, the ship will maintain a safe anchor riding. Training ship Fukae-maru, the graduate school of maritime sciences, Kobe University, adopts CPP (Controllable Pitch Propeller) as a propulsion system. So, she can control the propeller thrust, ahead and astern, easily. Various experiments using propeller thrust to control the ship swing were done. As a result of the analysis, the suitable astern thrust was effective to control the swing because of the reduction of swing room and wind pressure. The authors are expecting that this analytical result will be useful as one example to control the swing of a CPP ship under stormy weather.

(Received March 24, 2008)

1. はじめに

荒天強風下の錨泊では、安全な錨泊態勢を確立するために単錨泊と振れ止め錨の使用、あるいは2錨泊などの措置を講じ、船がもちうる錨鎖を最大限度まで伸出して荒天に備える。錨と錨鎖により係駐力を増強する、あるいは船体の振れ回りを抑えることで風圧力を軽減できれば安全な錨泊を維持することができる。神戸大学大学院海事科学研究科附属練習船深江丸(449総トン、全長50m)は推進システムにCPP(可変ピッチ・プロペラ)を採用し前後進推力の調整が自在であることから、この推力を錨泊中に積極的に利用すれば船体の振れ回り抑止に効果があるのではないかと考えた。そこで、風圧力軽減の効果を確認するために、台風避泊中の小豆島

池田湾において、この強風条件を利用して錨泊中の船体の振れ回り抑止に係る実船実験を試みた。実験では振れ回りの大きさや船首方位の変化をリアルタイムで詳細に調べるために深江丸で独自に開発し運用中の統合化航海情報処理システムの錨泊監視機能を活用して高精度のデータを収集した。

本研究ではCPP船の自在な後進推力が船体の振れ回り抑止に与える効果と、抑止に伴う風圧力軽減の効果を精査し、強風下において、あえて後進推力を用いることの是非について検討した。分析の結果、従来から強風時の走錨防止対策として単錨泊時に用いられる振れ止め錨の効果が大きいことが確認できたことに加え、風圧力の大きさに比べてわずかな後進推力をさらに用い

ることで船体の振れ回りを相当程度抑えることができ、風圧力の軽減効果により錨泊態勢の確立を裏付ける結果が得られた。図1に練習船深江丸を、図2及び図3に深江丸の水線上正面と同側面を写真で示す。



図1 練習船深江丸 (449G/T)



図2 深江丸の水線上正面



図3 深江丸の水線上側面

深江丸の主要目は次のとおり。

1. 総トン数：449トン(国際 674トン)
2. 全長：49.95m 3. 幅：10.0m
4. 深さ：6.10m / 3.75m
5. 喫水：3.20m
6. 航行区域：近海区域 (GMDSS A2水域)
7. 主機関：ディーゼル 1,100kW × 1基
8. 推進器：左回り4翼CPP
 ※ CPP；可変ピッチ・プロペラ
9. 航海速力：12.5knots
10. 航続距離：3,000海里 (約5,500km)
11. 船級：JG 12. 最大搭載人員：64名
13. 横移動装置：パウ及びスタン・スラスト
14. 錨：KS-8型高把駐力錨
 ・ 空中重量 965kg
 ・ 標準把駐係数：泥7.2 / 砂6.5
15. 深江丸の正面受風面積：88m²
16. 深江丸の側面受風面積：276m²

2. 船舶の錨泊

船舶が錨泊する際、船長は錨泊地の広狭、水深と底質、他の錨泊船の有無、錨泊期間中に予想される最大風速や潮流、風浪やうねりなどの気象・海象条件を勘案して使用する錨及びこれに接続する錨鎖の伸出長さを決定する。錨と錨鎖により船をその場に止める係駐力は錨地の底質に対する錨の把駐力と海底に横たわる錨鎖の摩擦抵抗の和で示される。船を押し流そうとする風潮等の外力が係駐力を下まわってれば、船は海底に投下した錨及び錨鎖の海底係駐部により錨鎖の懸垂部を通じて錨泊地の海底に係止され錨泊が維持される。図4に一般的な船舶の錨泊方法を示す。また、図5に錨泊中の船と錨及び錨鎖の関係を略図で示す。図6に示すように、通常の単錨泊では、船体は錨の投下位置の風下側でほぼ周期的なふれ回りである“横8の字運動”を繰り返す。逆に外力が係駐力を上回る場合には、錨が接続する錨鎖共々引きずられて海底を移動し、船体は風下側あるいは潮流の方向に押し流される。この現象を走錨(そうびょう)といい、船舶が錨泊するにあたり最も警戒すべき事項である。参考までに、深江丸は台風の暴

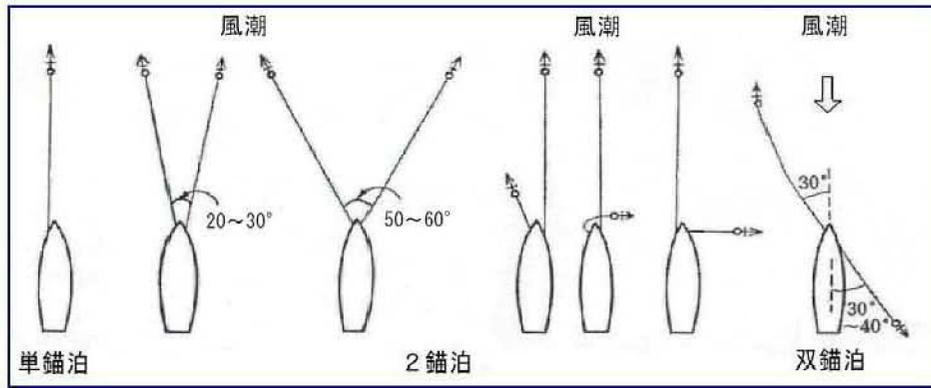


図4 船舶の錨泊方法

風下，風速48m/秒の風で実際に走錨の危機に陥ったことがある．このとき，深江丸で独自に開発し運用中の航海情報処理システムの錨泊監視機能が走錨前後における船体の移動と圧流の様子を克明に捉えるとともに，錨泊監視情報を記録した．図7はこのとき取得したデータから走錨前後における船体の挙動を再現したものである．なお，船体の移動軌跡は深江丸のほぼ転心（Pivoting Point）位置で示す．

船がひとたび走錨を始めると，そのままの錨泊状態の立て直しは困難とされ，全伸出錨鎖を巻き上げて錨を揚収した後，機関を用いて新たな態勢下で錨を投じ，錨かきを確保する．このようなことから，船長や当直航海士は荒天強風下の錨泊を維持するために，船ごとに定められた守錨（しゅびょう）基準に則り係駐力を確保するためのさらなる錨鎖の伸出や，もう一方の錨を振れ止め錨として海底に降下し，これに接続する錨鎖を水深の1.5倍程度伸出して船体の

過大なふれ回りを押さえ，風圧力を軽減するための対策をとる．台風や発達した低気圧の接近に伴い暴風や強風が予想される場合は，不測の事態に備えて主機関と舵をスタンバイし，航海当直に準じた当直員を配して走錨防止あるいは異常の早期発見に努めAnchor Watchを維持する．

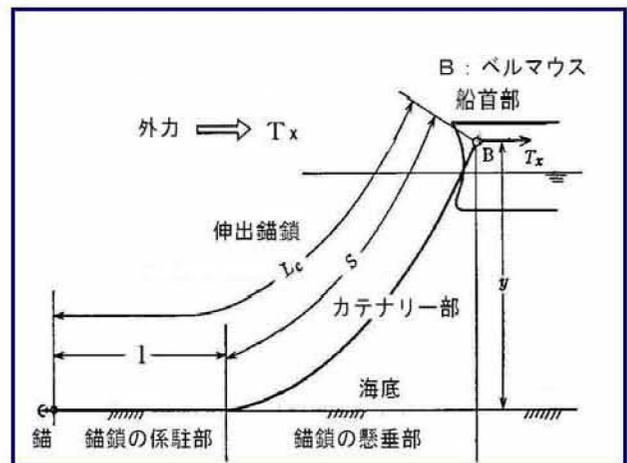


図5 錨泊中の船と錨及び錨鎖の関係

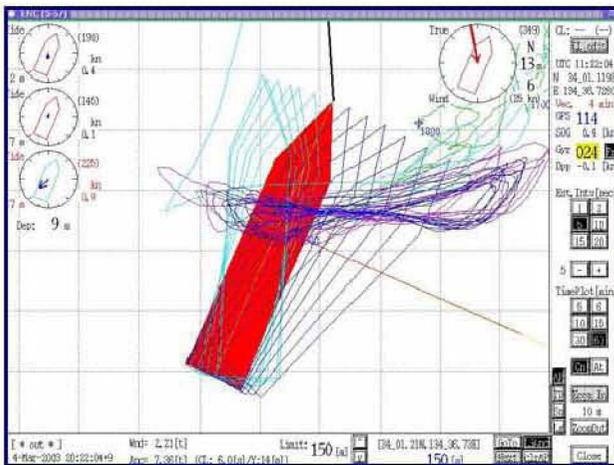


図6 単錨泊中の横8の字運動

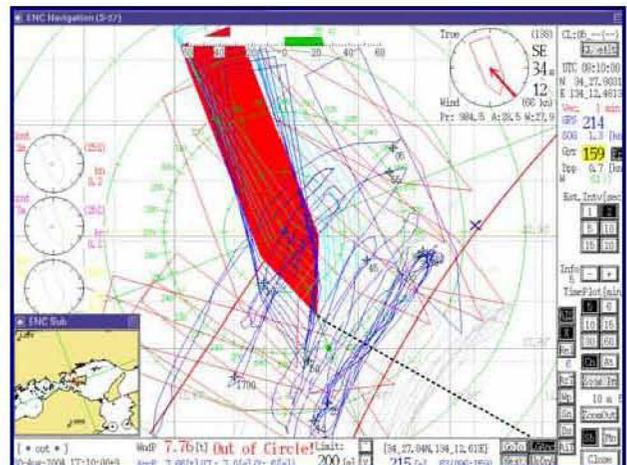


図7 走錨前後における船体の挙動

3. 深江丸の錨と錨鎖

深江丸の錨はKS-8型と称され、前神戸商船大学で開発した高把駐力錨で、空中重量が965kg、標準把駐係数は泥で7.2、砂で6.5を有する。深江丸には両舷に各1基と予備1基の計3基を搭載する。また、錨鎖の径は32mm、1節25mあたりの空中重量は577kgで、短鎖部(5m)×2条を含み、片舷にそれぞれ7節(185m)を搭載する。図8及び図9にKS-8型錨を、図10に深江丸船首部の両舷錨を示す。



図8 KS-8型錨(側面)



図9 KS-8型錨(上面)



図10 深江丸船首部の両舷錨

4 船体に作用する風圧力(風圧合力)の推算

船体に作用する風圧力は、船の正面受風面積と側面受風面積にそれぞれ作用する風圧力の和で示される。これを風圧合力と言う。図11に相対風向・風速と風圧合力の関係を示す。この力は前記の各受風面積、相対風向・風速、風圧係数、空気密度や船型などのパラメータを用いて推算する。深江丸では統合化航海情報処理システムへ推算に必要な各種のデータが自動転送され、錨泊監視情報として推算風圧力が推算係駐力とともにリアルタイムに表示される。図12のグラフは相対風向と相対風速(15~40m/秒の5m間隔)により深江丸に作用する風圧合力の推算値をtonfで示す。この力は相対風向角が0度、すなわち船の最小受風面積である正船首(真正面)または180度の正船尾(真後ろ)で最小となり、受風面積がほぼ最大に達する相対風向角が50~130度の正横付近において大きくなる。

5. 船体の振れ回り抑止実験

5. 1 実験時の気象と海象

実験は台風接近中の平成16年8月30日の午前、小豆島池田湾避泊中に実施した。図13は台風16号(200416 CHABA)の進路と深江丸の位置関係を示す。実験時は台風が九州南岸に上陸した直後であり、風の状態はほぼ一様で、風向は119度~125度、平均風速は23~25m/秒、各実験中の最大瞬間風速は平均風速の1.2~1.5倍程度であった。また、うねりは南東方向から1~1.5m、風浪は0.5mから時折1mに達した。なお、錨地の水深は6m、底質はやや固い粘土質の泥であった。図14に同日午前の真風向を、図15に真風速の記録を1分ごとの平均値で示す。

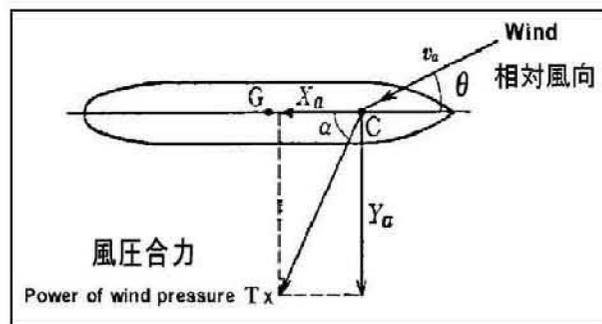


図11 相対風向・風速と風圧合力の関係

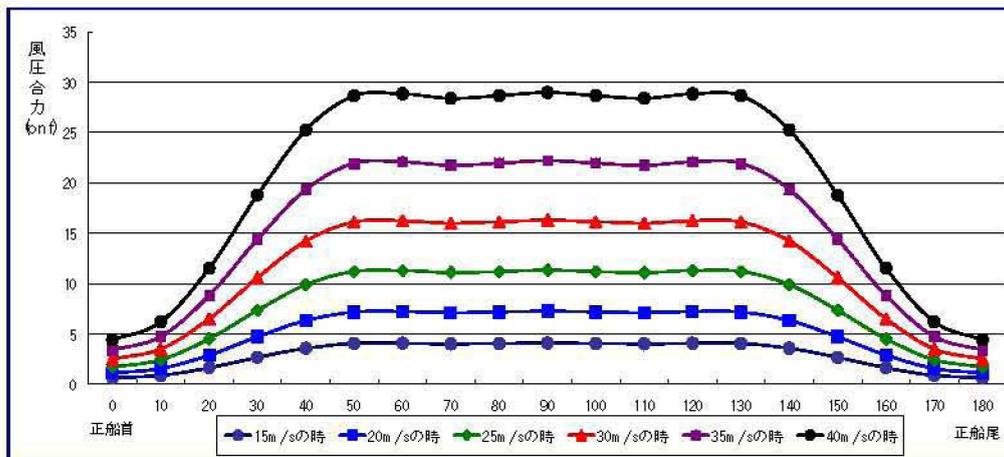


図12 相対風向と相対風速（15～40m/秒の5m間隔）により深江丸に作用する風圧合力の推算値

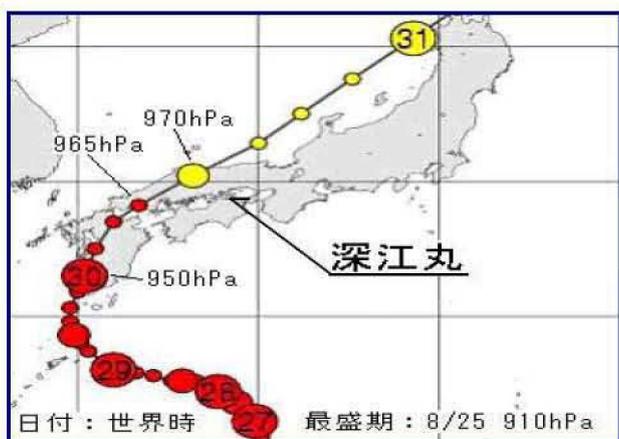


図13 台風16号 (200416 CHABA) の進路

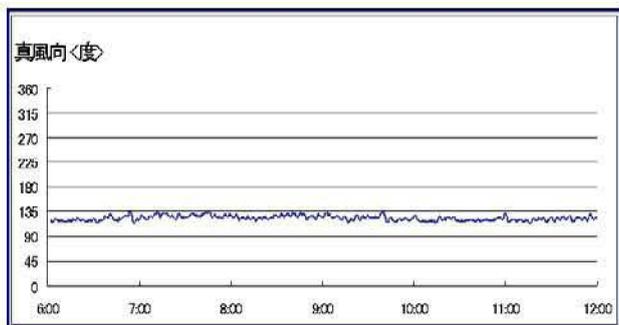


図14 8月30日午前の真風向（毎分の平均）

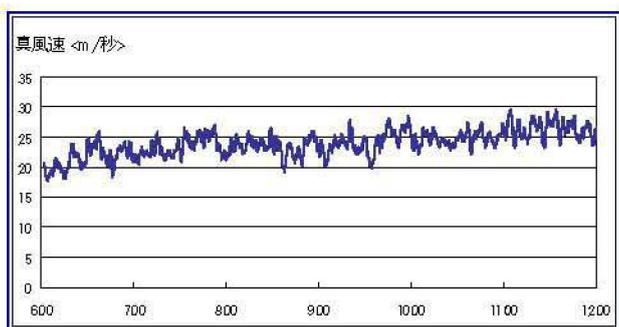


図15 8月30日午前の真風速（毎分の平均）

5. 2 実験条件

左舷錨鎖7節全節（約170m）伸出の単錨泊時及び単錨泊と右舷振れ止め錨の使用時（錨鎖伸出長さ：水深の1.5倍＝10m）において、CPPの後進ピッチを1度（Stop Engine＝スラストほぼ0 tonf）、3度（後進スラスト約0.45tonf）、5度（後進スラスト約0.77tonf）及び7度（Dead Slow Astern Engine＝後進スラスト約1.10tonf）の連続使用とした。なお、舵は中央（Midship）として不測の事態に備えた。

5. 3 実験設定

実験は以下の8項目について実施し、船体の振れ回りに係る各種の詳細なデータを取得した。

- 実験A 08:17:00～08:35:00 単錨泊
- 実験B 07:50:00～08:15:00 単錨泊
+ 振れ止め錨
- 実験C-1 09:41:57～09:51:03 単錨泊
+ CPP後進ピッチ3度
- 実験C-2 10:15:00～10:24:04 単錨泊
+ 振れ止め錨+ CPP後進ピッチ3度
- 実験D-1 09:51:03～10:01:38 単錨泊
+ CPP後進ピッチ5度
- 実験D-2 10:24:04～10:33:12 単錨泊
+ 振れ止め錨+ CPP後進ピッチ5度
- 実験E-1 10:01:38～10:12:00 単錨泊
+ CPP後進ピッチ7度
- 実験E-2 10:33:12～10:40:40 単錨泊
+ 振れ止め錨+ CPP後進ピッチ7度

6. 分析

6. 1 分析項目

各実験における、

1. D-GPS船位 (測位精度: 1 m 以内)
2. 船首方位 (0~360度)
3. 真風向 (0~360度)
4. 真風速 (m/秒)
5. 相対風向 (0~左右両舷180度)
6. 相対風速 (m/秒)
7. 推算風圧力 (tonf)

などの錨泊監視データを抽出して、振れ止め錨の効果とCPPによる後進推力のある・なし、及び、同推力が船体の振れ回り抑止に与える効果について、船体移動軌跡と船首の振れ回り角度、船体に受ける相対風向角の時間的な割合(左右両舷45度・40度・30度・20度・10度以内)を対象に分析した。

6. 2 船体移動軌跡

各実験における船体移動軌跡について、実験Aを図16に、Bを図17に、C-1を図18に、C-2を図19に、D-1を図20に、D-2を図21に、E-1を図22に、E-2を図23にそれぞれ示す。なお、図では単錨泊自由振れ回りにおける後進推力の使用も図18、図20及び図22に参考として示すが、分析は単錨泊自由振れ回り及び単錨泊と振れ止め錨の使用時並びに振れ止め錨の使用時における後進推力の段階的な使用を対象にした。なお、錨泊監視機能は統合化航海情

報処理システムの一機能であるため、操船上の観点から船体の移動軌跡は船橋前面中央部のレピータ・コンパスの位置、すなわち、深江丸の転心位置付近の移動軌跡で示す。

6. 3 分析データ

表1は、設定した実験において深江丸に作用した推算風圧力と船体の振れ回り状況及び実験により変化した相対風向角の割合を示す。また、全実験を通じて平均風速が24m/秒前後であったことから、参考として同表下段の右側に相対風速25m/秒における相対風向角0度(真正面からの風)、左右両舷:10度・20度・30度・40度及び45度からの風による推算風圧力を示す。

6. 4 推算風圧力

推算風圧力はそのときの相対風向と相対風速により大きく変化する。各実験における最大風圧力は実験E-2を除き、振れ止め錨の使用及び後進推力の増大により減少している。実験E-2の最大風圧力14.2 tonfは、深江丸の船体運動に伴い、突風を伴いながら相対風向と風速が変化する中、同風向が左舷前方37度から風速31 m/秒の時にこの値を示した。また、平均風圧力は振れ止め錨の使用及び後進推力の増大により着実に減少している。最小風圧力は船首が風に立った時、すなわち真正面の風であり、0.9~1.4 tonfと大きな変化はない。

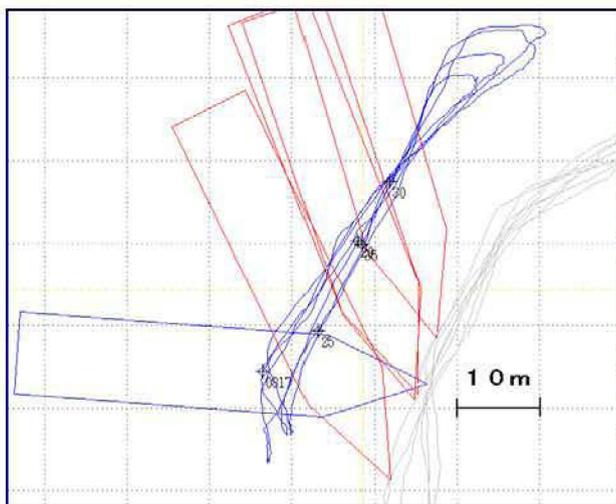


図16 実験A: 単錨泊(自由振れ回り)

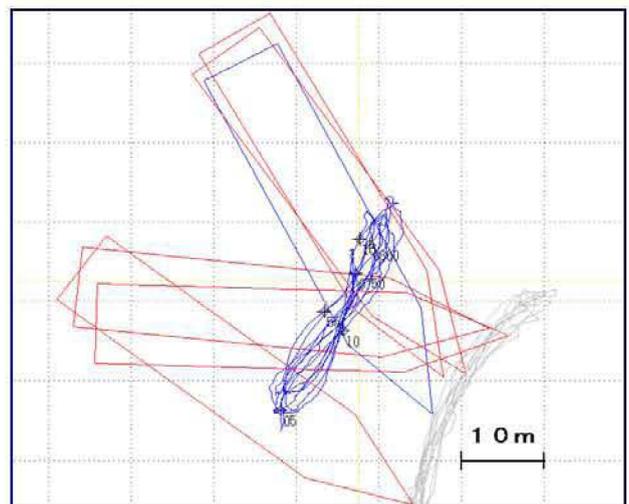


図17 実験B: 単錨泊+振れ止め錨

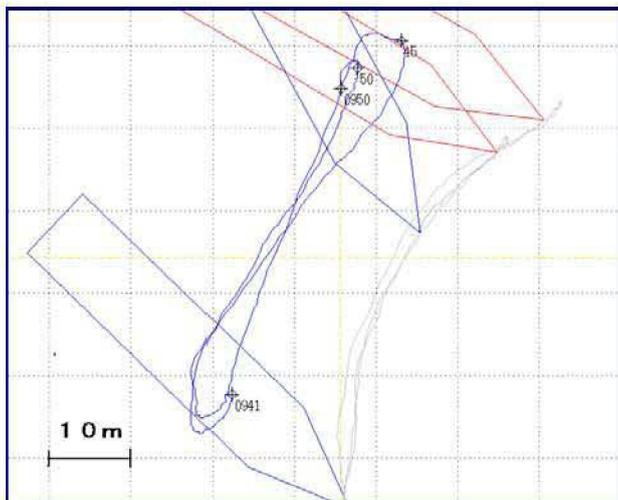


図18 実験C-1：単錨泊+CPP後進ピッチ3度

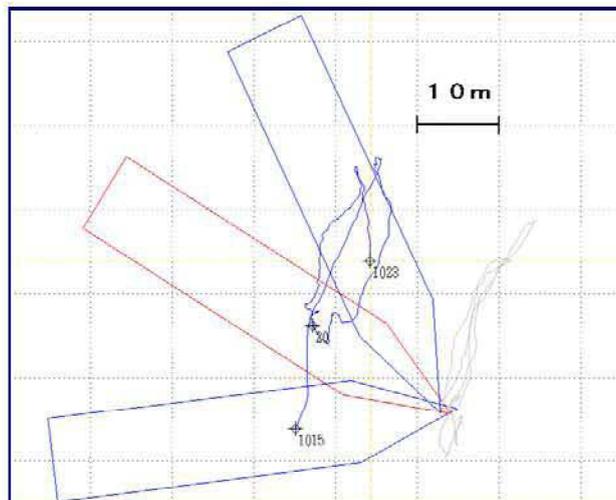


図19 実験C-2：単錨泊+振れ止め錨+CPP後進ピッチ3度

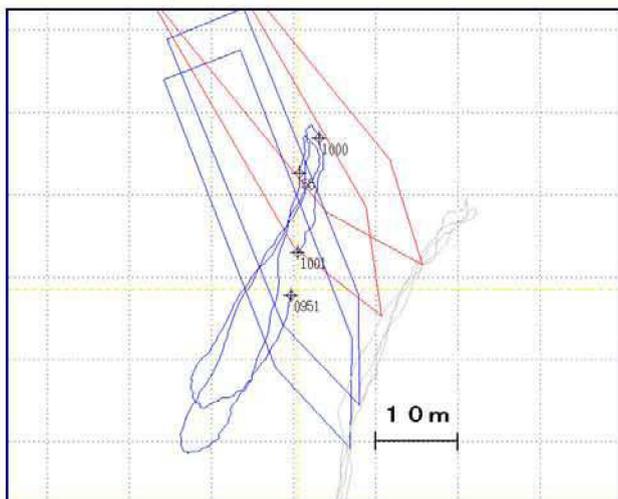


図20 実験D-1：単錨泊+CPP後進ピッチ5度

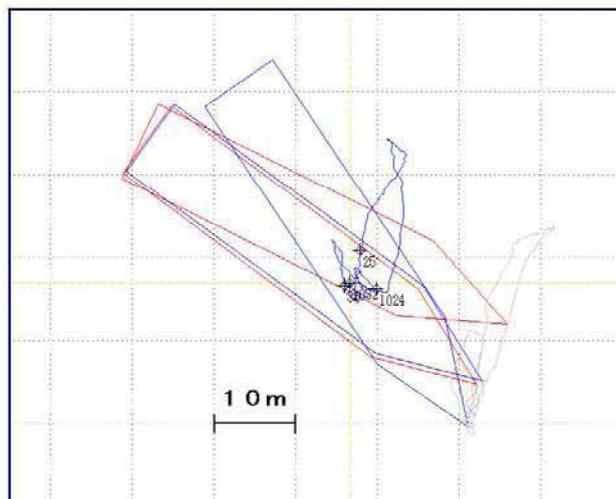


図21 実験D-2：単錨泊+振れ止め錨+CPP後進ピッチ5度

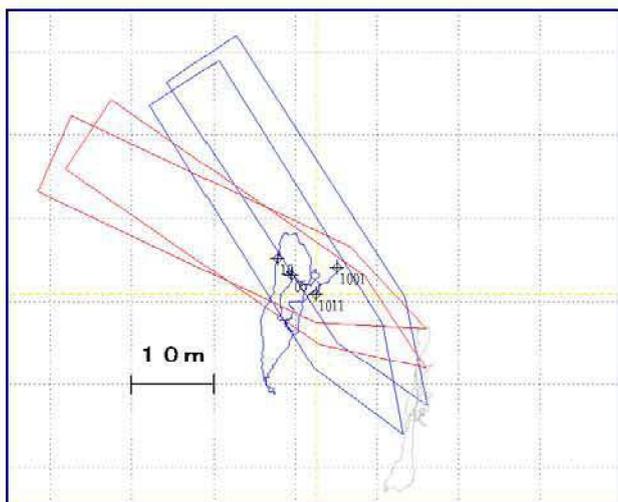


図22 実験E-1：単錨泊+CPP後進ピッチ7度

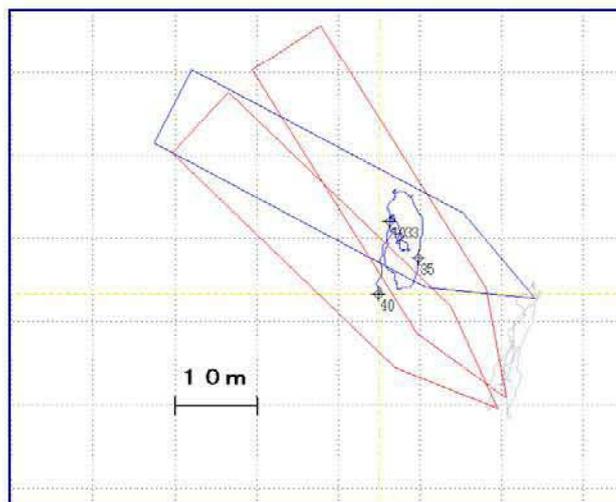


図23 実験E-2：単錨泊+振れ止め錨+CPP後進ピッチ7度

表1 実験ごとの推算風圧力と船体の振れ回り状況及び実験により変化した相対風向角の割合

実験	錨泊状態		CPP翼角	後進スラスト	風の状態			推算風圧力			船首振れ回り角			風軸と直角方向の横移動距離		
	単錨泊自由振れ回り	または振れ止め錨の併用			平均風向	平均風速	最大風速	最大	最小	平均	最大	最小	平均	最大	最小	平均
			<度>	<tonf>	<度>	<m/s>	<m/s>	<tonf>	<tonf>	<tonf>	<度>	<度>	<度>	<m>	<m>	<m>
A		自由振れ回り			125	24	34	17.5	1.1	5.4	79.5	69.0	74.6	62.3	48.3	55.0
B			後進1°	0	125	23	33	13.0	0.9	4.1	60.1	45.8	54.6	32.1	24.2	25.0
C-2	単錨泊	振れ止め錨	後進3°	0.45	123	24	30	13.8	1.3	4.4	72.3	7.6	36.4	22.1	19.4	20.7
D-2			後進5°	0.77	119	24	32	10.5	1.4	3.8	47.0	4.4	22.0	18.5	3.1	-
E-2			後進7°	1.10	119	25	33	14.2	1.3	3.9	35.0	28.8	31.3	10.8	3.1	-

実験	錨泊状態		CPP翼角	後進スラスト	船首への相対風向角の時間的割合					船首への相対風向角	風速25m/sの推算風圧力
	単錨泊自由振れ回り	または振れ止め錨の併用			45度以内	40度以内	30度以内	20度以内	10度以内		
			<度>	<tonf>	<%>	<%>	<%>	<%>	<%>	<度>	<tonf>
A		自由振れ回り			94	86	64	42	19	0	1.72
B			後進1°	0	99	97	85	56	25	10	2.42
C-2	単錨泊	振れ止め錨	後進3°	0.45	97	90	77	61	38	20	4.45
D-2			後進5°	0.77	100	99	92	68	30	30	7.32
E-2			後進7°	1.10	100	99	93	64	37	40	9.89
										50	10.70

6.5 船首振れ回り角

(船首方位の振れ回り範囲)

各実験において船首が振れ回る角度の範囲は、振れ止め錨の使用と後進推力の発生によりその抑止効果が顕著に表れた。平均値に着目すると、単錨泊自由振れ回りに比べて振れ止め錨を使用したときには自由振れ回りの73%まで減少した。さらに、振れ止め錨の使用とともに後進推力を段階的に用いることで、後進推力を用いないときに比べて40~67%まで振れ回り角度が減少した。図24に表1上段の各実験における船首振れ回り角の減少傾向を最大値及び最小値並びに平均値で示す。

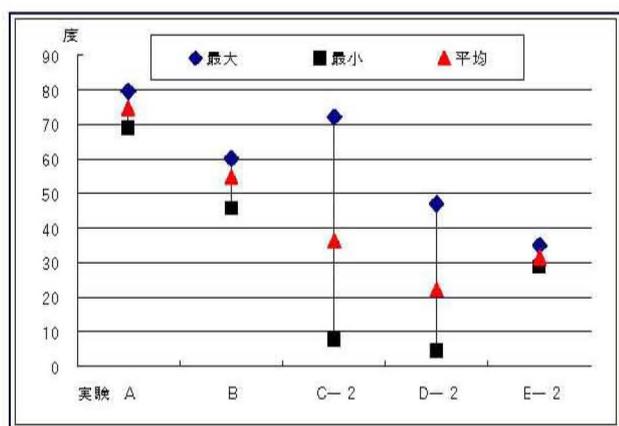


図24 船首振れ回り角の減少傾向

6.6 風軸と直角方向の横移動距離

(振れ回り幅)

船体の振れ回り幅を風軸に対して直角方向の横移動距離により求めた。各実験における振れ回り幅の最大値は単錨泊自由振れ回りに比べて、振れ止め錨の使用時及び後進推力の段階的な増大とともに顕著に減少した。自由振れ回りに比べて振れ止め錨の使用時では最大値で52%、最小値で50%と、半分程度まで減少した。さらに、後進推力を段階的に用いたときは、用いないときに比べて最大値で34~69%まで減少した。図25に表1上段の各実験における振れ回り幅の減少傾向を最大値と最小値で示す。

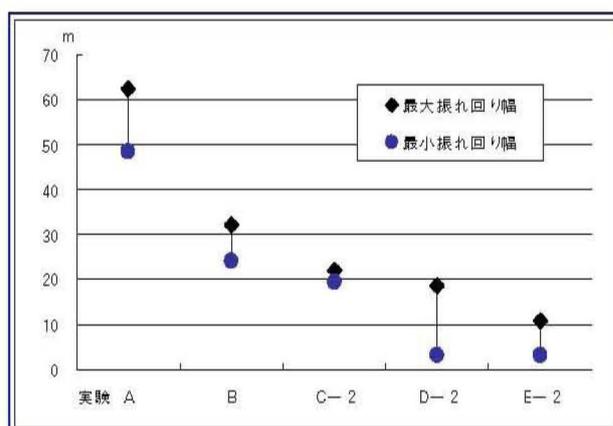


図25 各実験における振れ回り幅の減少傾向

6. 7 相対風向角の時間的割合

表1下段の左側は船首方位を基準に真正面からの風を相対風向角0度として、相対風向角がそれぞれ左右両舷45度・40度・30度及び10度以内となる時間的割合をパーセントで示す。自由振れ回りに比べて振れ止め錨の使用時は相対風向角が20度以内となる割合が42%から56%に、また、10度以内では19%から25%に増加した。さらに後進推力の段階的な使用により、20度以内となる割合が61~68%に、10度以内では30~38%にまで増加した。図26に各実験に伴って変化した相対風向角の時間的割合を示す。

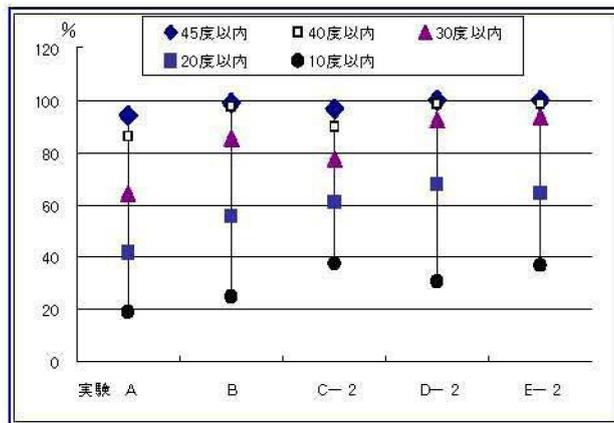


図26 変化した相対風向角の時間的割合

7. 前進推力を用いたときの船体挙動

船体の振れ回り運動を抑制し風圧力を軽減するためにCPPによる適度な後進推力が有効であることはこれまでの分析で示したとおりである。逆に、強大な風圧により錨鎖に加わる極度の緊張を緩和するために前進推力を用いた場合の船体挙動については、これまで実船による実験例がないことから副次的に実験を試みた。

7. 1 CPP前進ピッチ3度の船体移動軌跡

図27は同日の09時15分00秒から09時28分00秒の13分間、単錨泊自由振れ回り（図16 実験A）の状態からプロペラ・ピッチを前進3度（推力約0.9tonf）として船体に前進推力を加えたときの船体移動軌跡を示す。風圧力に比べてわずかな推力ではあるが、単錨泊自由振れ回りに比べて船体の振れ回り運動が助長され、振れ回り幅は左右にそれぞれ15m程度増加した。このことは、やや過大な振れ回り運動に伴い船体に作用する風圧力は減少していないことを意味する。錨鎖緊張の度合いについては判断ができないが、振れ回りの抑止効果は現れていない。

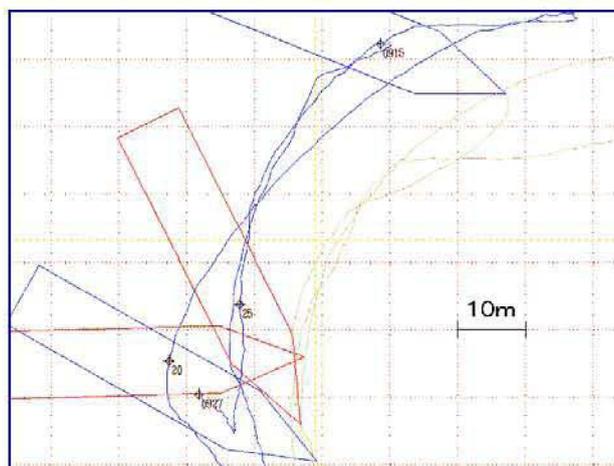


図27 単錨泊+CPP前進ピッチ3度

7. 2 CPP前進ピッチ5度の船体移動軌跡

図28に09時28分00秒から09時38分00秒の10分間、単錨泊自由振れ回り（図16 実験A）の状態から、プロペラ・ピッチを前進5度（推力約1.7 tonf）として船体に前進推力を加えたときの船体の移動軌跡を示す。船体運動が格段に助長さ

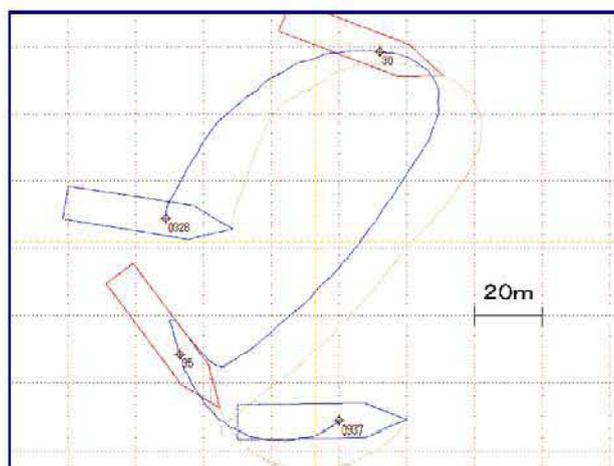


図28 単錨泊+CPP前進ピッチ5度

れ、同時に風位に対する縦及び横方向の移動距離が前進ピッチ3度のときよりも大幅に拡大し、単錨泊自由振れ回りのときとは大きく異なる様相を呈した。また、過大な船体運動に伴い、風位に対して風圧抵抗が最も大きい船体の側面部を向ける状況が発生している。なお、風速が25

m/秒を超える状況下、これ以上、前進推力による実験は危険と判断し、ほぼ1回帰の振れ回りデータを収集した直後に実験を中断、次に予定した前進ピッチ7度の実験も取り止めた。

8. 考察

単錨泊において、振れ止め錨を使用するだけで船首の振れ回り角は自由振れ回りに比べて平均で73%まで減少し、これにより平均風圧力が24%減少した。また、最大振れ回り幅は52%までほぼ半減した。単錨泊時の走錨防止対策として振れ止め錨を使用することの効用を本実験で高精度に具体的に示すことができた。さらに、振れ回り抑止のために必要な後進推力の大きさを平均風圧力と最大風圧力で比較したところ、振れ止め錨の使用時において平均風圧力の10~30%程度、あるいは最大風圧力の3~8%程度の適度な後進推力を可変ピッチ・プロペラにより連続して発生させることで、船首の振れ回り角を格段に減じることができ、これに伴い風圧力が減少し、振れ回り幅も相当程度抑えることができた。同時に、相対風向角が左右両舷20度以内、あるいは10度以内となる時間的な割合を増加させることができた。このことは船体が振れ回りをしながらも船首がほぼ風に立つ時間的な割合が増加し、最小受風面積である船体正面の他に、船体の側面に風を受ける割合が減少することで風圧抵抗が小さくなったことを意味する。振れ回りの状況を見ながら適度な後進推力を用いることは風圧力の軽減に効果があるとともに船体の振れ回り抑止に相当程度の効果があることを実船実験により示すことができた。

加えて、風圧による錨鎖の緊張を緩和するための前進推力の使用は、推力の大きさや使用のタイミングによってはかえって船体運動を助長することがあり、このことは、錨鎖の緊張を一時的に和らげることができたとしても、過大な船体運動と強弱を繰り返す風の状態によっては、逆に錨鎖に極度の緊張を誘発し、海底係駐部の錨と錨鎖に大きなマイナス要因として作用するおそれがある。前進推力の使用にあたっては細心の注意と監視が必要であろう。

9. まとめ

強風下の単錨泊時における走錨防止対策として、従前より経験的に行われてきた振れ止め錨の使用が船体の振れ回りを相当程度抑えること、さらに、振れ回りの抑止効果により錨と錨鎖に加わる衝撃力を緩和できることからその効果が大きいことを実船実験により具体的に検証することができた。また、強風下、あえて可変ピッチ・プロペラによる適度な後進推力を連続して発生させることが船体の振れ回り抑止に大きな効果があることも取得データの分析から検証することができた。ただし、強風下において、船体の振れ回りを抑止するためにCPPの自在な後進推力を用いる場合は、錨と錨鎖の伸出長さによる係駐力、風と風浪、うねりの状態、船体動揺や振れ回りの状況などに対する従来の錨泊監視手法と並行しながら臨機に適切にその使用法を判断する必要がある。

近年、船舶が大型化・専用化、さらに省エネルギー化し、航泊の場面ごとに様々な制約を受ける中、錨泊時の走錨により自船と至近に錨泊中の他船を含み甚大な被害と環境破壊を伴う走錨海難が頻発している。このことから本実験例は推力調整が自在なCPP船において走錨防止のための有効な一手段になりうると思われる。この分析結果は小型CPP船の振れ回り抑止に係る実船実験の一事例ではあるが、荒天強風下における走錨防止対策の一助となることを期待したい。

謝辞

台風接近による荒天下、実船実験の展開にあたり深江丸乗組員及び研究乗船中の学生諸君と研究者諸氏には多大なる協力をいただいた。関係各位に心から謝意を表す。

参考として、実験実験中の船首警戒と錨作業の光景及び実験日夕刻の暴風下の海象並びに台風200416 CHABA遭遇時に深江丸で観測した風向・風速の変化と自記気圧計の気圧変化の記録を巻末に示す。

参考文献

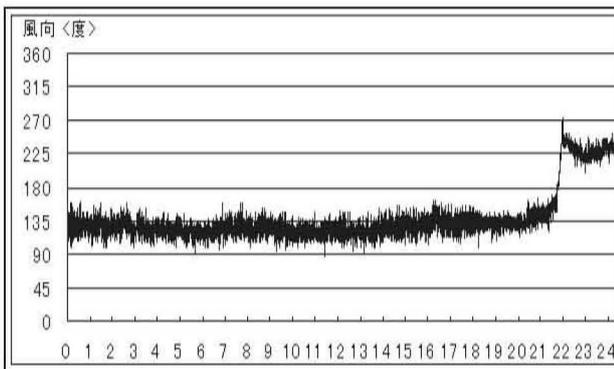
- (1) 矢野吉治・若林伸和・三輪 誠：練習船深江丸の台風（200416 CHABA）避泊中における走錨事例，神戸大学海事科学部紀要第3号，pp.139-147，2006年7月
- (2) 矢野吉治・若林伸和：実船における走錨時の挙動と走錨検知，日本航海学会論文集，No.114，pp.119-125，2006年3月
- (3) 矢野吉治・若林伸和：練習船深江丸の錨泊監視システムの開発と運用，神戸大学海事科学部紀要第1号，pp.27-32，2004年7月
- (4) 矢野吉治・若林伸和：練習船深江丸の錨泊監視システム，日本航海学会論文集，No.109，pp.119-124，2003年9月
- (5) 橋本 進・山田豊三郎・矢野吉治：荒天錨泊中の振れ回り運動の抑止策について，日本航海学会論文集，No.69，pp.9-15，1983年9月



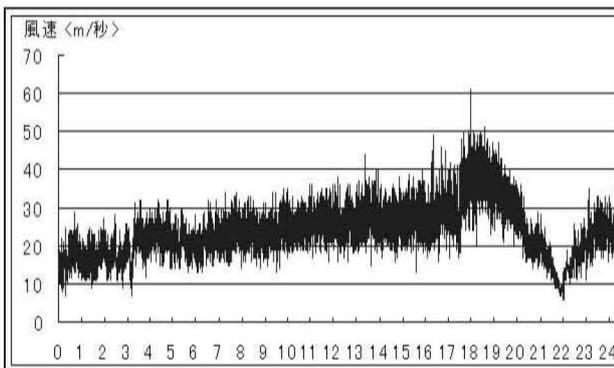
実験中の船首警戒と錨作業



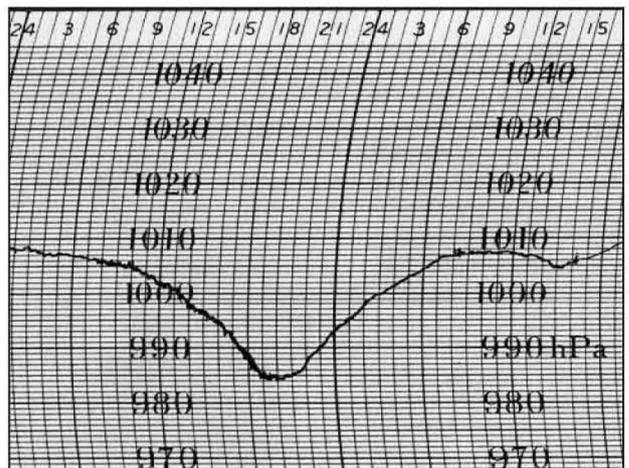
暴風下の海象



2004年8月30日の風向の変化



2004年8月30日の風速の変化



2004年8月30日～31日の自記気圧計の気圧変化