

弓削丸を使った錨泊時の帆の効果について

高岡 俊輔*・豊田 利彦*・岩崎 和志**
村田 航***・笹 健児****・久保 雅義*****

Effect of Sail on Anchoring of Yuge-Maru

Shunsuke Takaoka*, Toshihiko Toyota*, Kazushi Iwasaki**
Kou Murata***, Kenji Sasa**** and Masayoshi Kubo*****

1 はじめに

環境問題、エネルギー保全の問題が世界的にクローズアップされている中、著者らは普遍性に富んだクリーンエネルギーである風力を利用する帆装船の研究⁽¹⁾⁻⁽⁸⁾を行ってきた。この研究を通して、帆の利用が錨泊時の安全性を向上させることを検証⁽³⁾⁽⁶⁾してきた。この検証は小型艇での実船実験とシミュレーションでの検証によったが、小型艇の実船実験⁽³⁾が9mカッターによるものであったことや、錨泊シミュレーション⁽⁷⁾での検証は、対象とした船舶の流体力の推定が十分になされていなかったところに問題が残っていた。そこで今回は神戸商船大学、弓削商船高等専門学校及び三井造船とで共同開発した「船体運動測定装置」を使用する機会を得、帆の効果を240tonの練習船弓削丸で測定することができたのでその計測結果を報告する。

2 錨泊実験

2.1 船体運動測定装置の概要

実験に使用した「船体運動測定装置」は、現在、人類が持つ位置表示情報を最高の精度で示すことのできるRTK方式のGPSを採用しており、波浪周期4秒から120秒の波浪中で、対地速力30ノット以下で航行中の船舶の動揺、船首方位および船位の計測が精度よく測定できるものである。

本装置は陸上側ユニットと海上側ユニットから構成されており、そのシステム構成を図1、図2に、計測データの収録系統状況を図3に示す。また、計測する各測定量に対しては表1に挙げる性能を有す測定精度の非常に高い装置⁽⁹⁾である。

2.2 実験対象船および実験海域

実験船は弓削商船高等専門学校の練習船「弓削丸」で行った。弓削丸の主要目を表2に示す。実験海域は図4

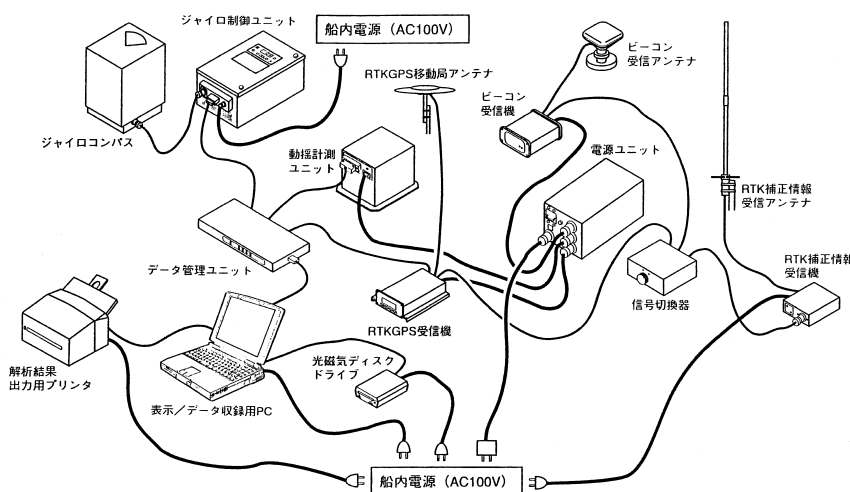


図1 船舶側ユニットの構成

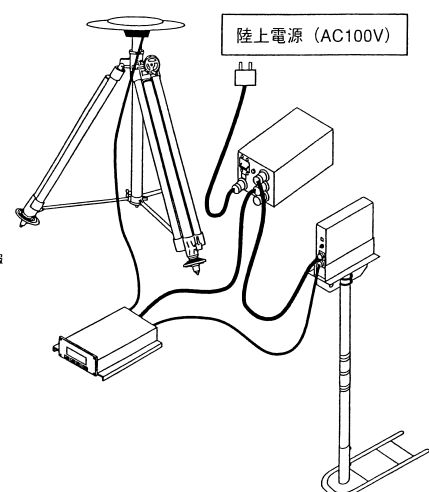


図2 陸上側ユニットの構成

* 商船学科
* * 実験実習第1係
* * * 三井造船株式会社
* * * * 神戸商船大学

平成13年9月28日受理

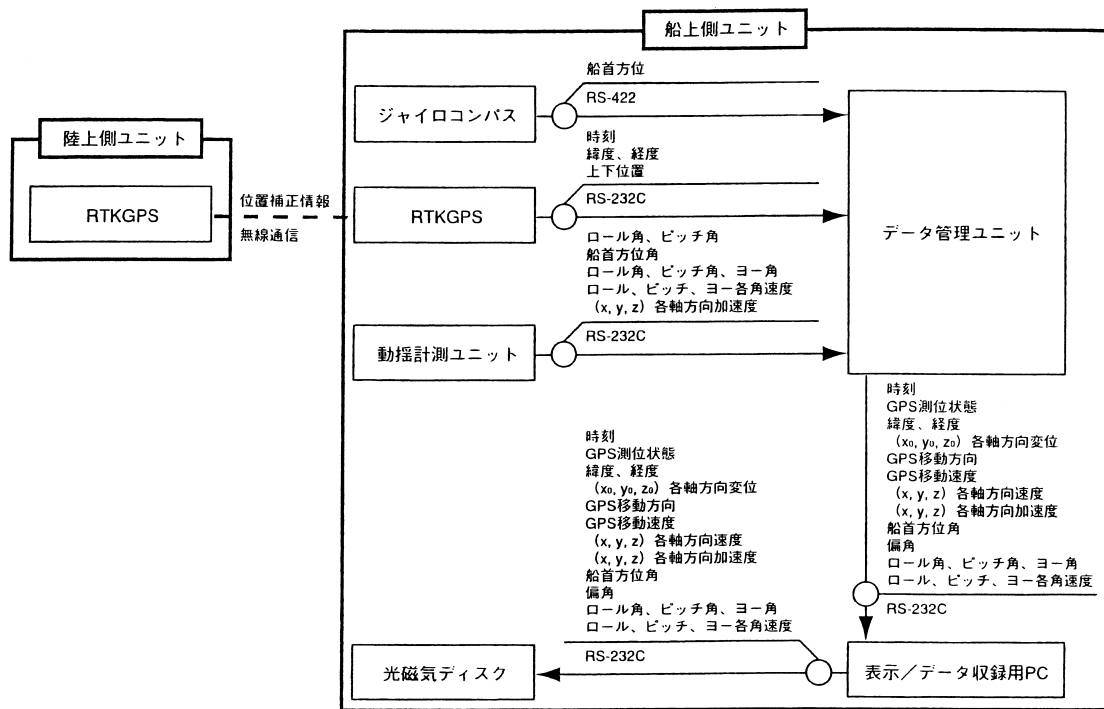


図3 計測データの収録状況

表1 各装置の単体性能

要素名	レンジ	分解能	精度 (1σ)
3軸角速度	±100度/秒	0.4度/秒	±3% + 1度/秒
角度	±45度 (ロール・ピッチ) 0~360度 (絶対方位角)	0.1度	±0.2度 ±0.5度
3軸加速度	±2G	0.01G	±0.02G
移動速度	30ノット以下		
変位 RTK時		±0.02m + 2ppm (上下) ±0.01m + 2ppm (緯度・経度)	
変位 DGPS時		±2.0m (上下) ±1.0m (緯度・経度)	
計測間隔	最低0.2秒 (5回/秒以上)		

表2 弓削丸の主要目

全長	40.00m
垂線間長	35.00m
幅(型)	8.00m
深さ(型)	3.30m
満載喫水(型)	2.80m
総トン数	240t
主機関	1,300ps × 750rpm × 1
最大速力	13.75knot
上部風圧面積(正面×横)	62 × 188m ²

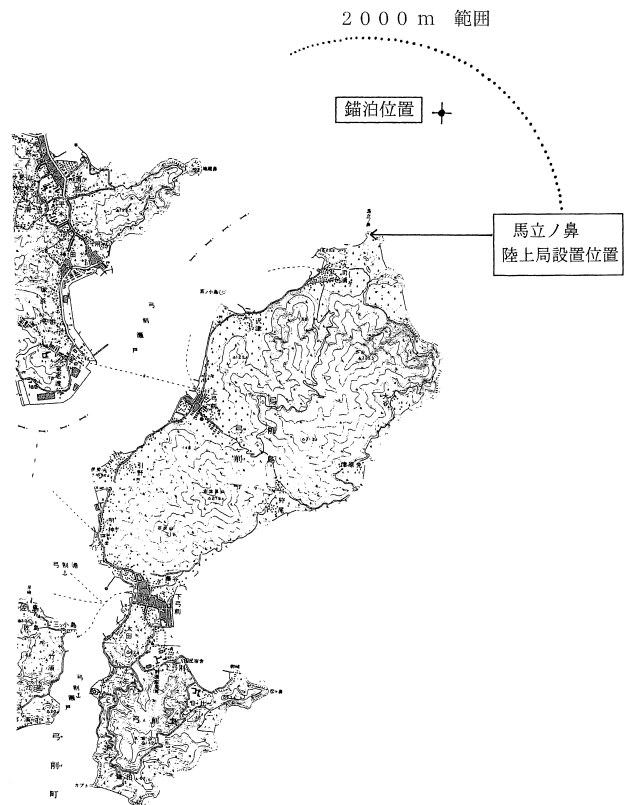


図4 実験海域

に示したように弓削島北端、馬立ノ鼻ピークの三角測量地点に陸上側ユニットを設置し、そこから1.5マイル離れた坊地ノ瀬付近(水深14m)に船を錨泊させて実験を行った。船体運動測定装置の海上側ユニットを船に設置した様子を写真1に、陸上側ユニットの設置状況を写真2



写真1 海上側ユニットの設置状況



写真3 帆を設置した弓削丸の外観



写真2 陸上側ユニットの設置状況

に示す。

2.3 実験方法

実験船を先に述べた海域に錨鎖進出量135mで単錨泊(右舷錨使用)させ、以下に示す錨泊状態で実験を行った。

- (1) RTK 状態で通常の単錨泊
- (2) (1)の状態では三角帆を展帆

帆は長さ7.5m×7.5mの二等辺三角形で強化ビニール

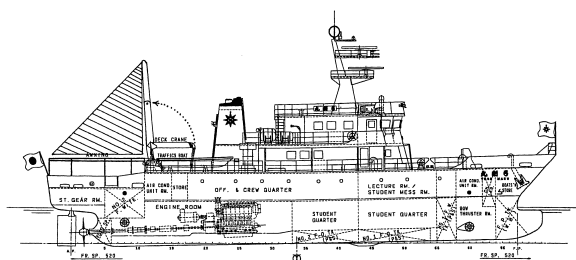


図5 弓削丸への三角帆の設置状況



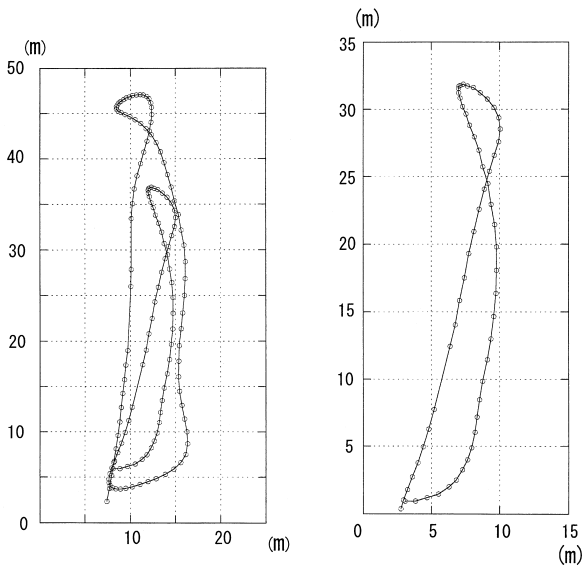
写真4 デッキクレーンによる三角帆の展帆状況

製の帆である。設置は船体中央から船尾側に13m離れた地点にあるデッキクレーンを利用して図5に示した形で帆を張った。帆の寸法を7.5mの二等辺三角形とした理由は、デッキクレーンが7m伸長するタイプであったことから船尾のオーニングステイを利用して展帆することにしたため、この長さとした。実際に展帆した状況を写真3, 写真4に示す。

2.4 実験結果

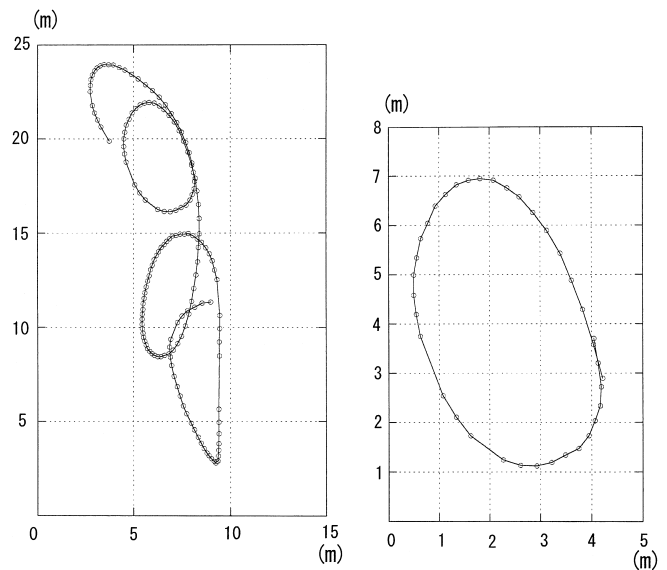
帆を装着していない状態での振れ回り状況を図6(a)に示す。風速が6~13m/sと弱い中での錨泊実験であったが、単錨泊特有の8の字を描く運動を起こして振れ回るのが計測された。このような振れ回り運動が幾つか得られたが、帆を装着した場合と比較することを考え、8の字運動の軌跡が整っているものを取り出し、これを振れ回り運動1周期の基準とした。図6(b)に基準とした1周期の8の字運動を示す。振れ回り幅を8の字運動の長軸方向に取ると、約31mであり、周期は5.1分であった。

通常の錨泊状態での計測が終了後、帆を装着して計測を行った。帆を装着時の振れ回り状況を図7(a)に示す。図からわかるように、帆を装着しての振れ回りは8の字運動を起こさず、楕円を描いて振れ回る運動となっ



(a) 振れ回り状況 (b) 一周期の振れ回り

図6 帆が無い状態での振れ回り運動



(a) 振れ回り状況 (b) 一周期の振れ回り

図7 帆を展帆時の振れ回り運動

た。このような楕円運動を繰り返す軌跡の中で、1周期を取り出したものが図7 (b)である。振れ回り幅は約5.9mであり、その周期は3.3分であった。

帆がない状態と比較すると、振れ回り幅においては約1/5となり極めて振れ回りが小さくなっていることがわかる。帆がある状態と無い状態との振れ回り状況の比較を図8に示す。また、周期は帆がない状態の振れ回り

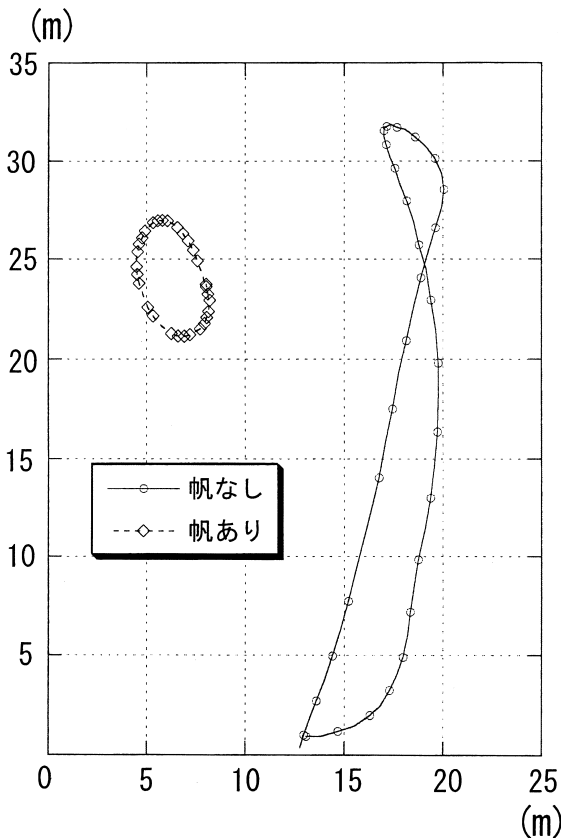


図8 帆の有無による振れ回り運動の比較

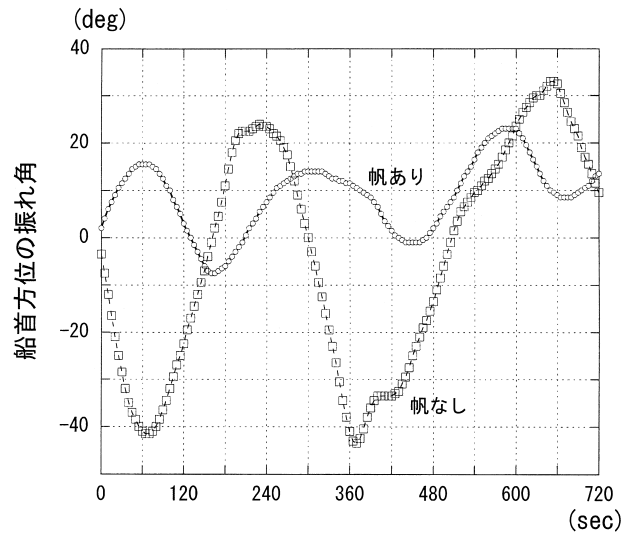


図9 錨泊中の船首方位の振れ角

幅から換算すると、やはり非常に遅くなっていることがわかる。これより、帆を付けた錨泊状態は錨鎖張力がかなり緩和された錨泊となっていることが推測される。この錨鎖張力緩和の裏付けとして、つぎの2点が考えられる。

まず第一点目は、船首方位の振れ角の減少である。図9に両者の船首方位の振れを示す。帆が無い状態での船首方位の振れ具合は約65°であるのに対し、帆があるときは約23°であるため、振れ角は65%の減少を示すのがわかる。これは錨泊時の左右振れの折り返し時点で風下に落とされる時に衝撃張力がかかることから、船首振れ角の小さくなる形の方が錨鎖張力緩和につながると考えられたからである。

第2点目は、船の並進運動中、SWAYING速度及びSURGING速度の減少である。図10にSWAYING速度

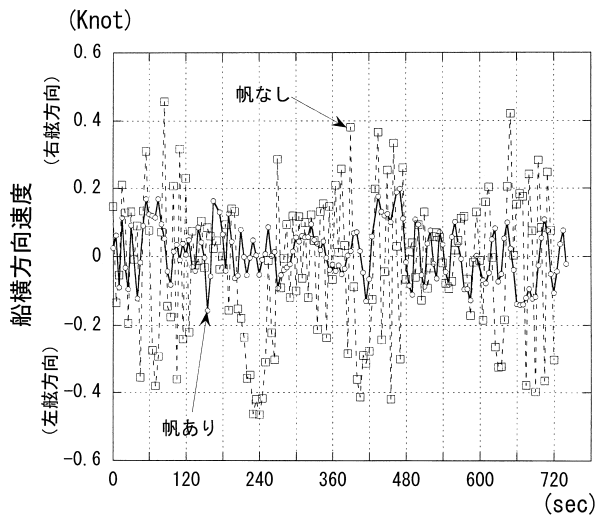


図10 帆の有無による SWAYING 速度

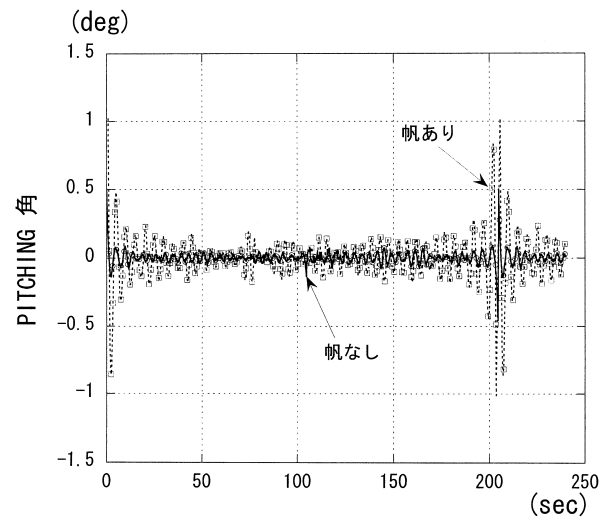


図12 帆の有無による PITCHING 状況

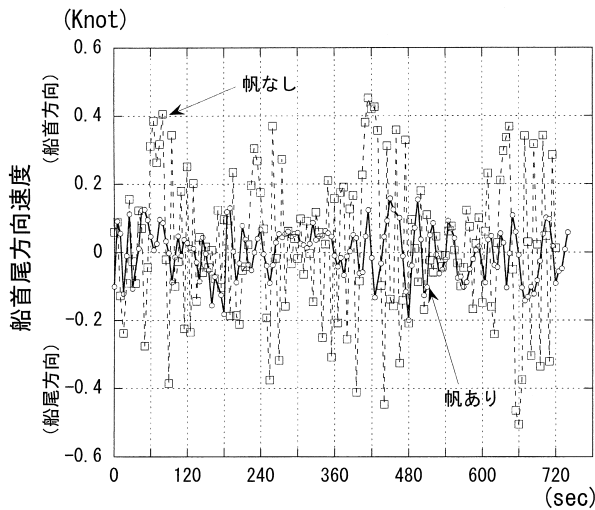


図11 帆の有無による SURGING 速度

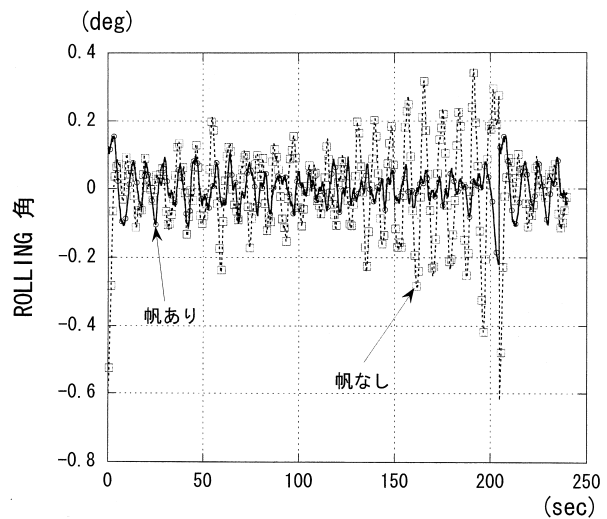


図13 帆の有無による ROLLING 状況

を図11に SURGING 速度の状況を示す。SWAYING 速度については、帆がない場合は両舷方向に0.5ノット内の速度を持つ。これに対し帆がある場合は、右舷方向、左舷方向共に0.2ノット内の速度である。これは錨泊時の振れ回り中、横移動速度が緩やかになっていることを意味する。また、SURGING 速度については、帆がない場合は船首、船尾方向共に0.5ノット内であるのに対し、帆がある場合は船首、船尾方向共に0.2ノット内であるため、その減少度は SWAYING 同様顕著に現れている。因みに、HEAVING 速度については両者に顕著な変化は見られなかった。

上述した2点から考えても帆の効果による錨鎖張力の緩和は明らかであろうと考えられる。

つぎに船の運動中、回転運動となる PITCHING, ROLLING, YAWING について帆の効果を検討する。PITCHING については図12に示したように、最大の PITCHING 角及び通常の PITCHING 角を比較してみても約50%の減少が見られる。これは帆の影響で振れ回りが小さくなったことから、錨鎖にかかる衝撃張力が減り、

一定な引っ張り張力を保って振れ回りを起こしていることが原因と考えられる。また、YAWING については先に述べた船首方位の振れ角の所で説明しており、これを YAWING と見れるため、帆の効果は顕著と言える。

錨泊中の船の回転運動中においては ROLLING が最も帆の効果が顕著に現れている。この状況を図13に示す。帆が無い状態での周期的な傾きはある状態と比べると約1/2であり、PITCHING と同じ傾向を示す。しかし、最大の傾きを見てみると、帆が無い状態では最大0.61の傾きが計測されたのに対し、帆がある場合は全ての左右の揺れを含めてもほぼ0.2内の値を示している。この状態では約1/3の減少であるため、帆の効果で ROLLING 量が減少することは明らかであると考えられる。

3 おわりに

通常の船舶で行われている荒天下の錨泊は、風波の影響を受け難い島影等に錨泊し、走錨を防ぐために錨鎖進出量を長くしたり、振れ止め錨を入れたり、船首トリム

をつけ、喫水を深くして荒天を凌ぐことが通例であった。今回はこのような荒天下の錨泊時に安全に錨泊できる1方法として帆を利用することの有効性を測定することを試みた。実験に使用した帆の面積が28.1m²と小さかったため、弓削丸の船体上部構造物の風圧面積188m²に対しては14.9%しかなく、錨泊時の効果が懸念されたが良好な結果がえられた。現在運行している中型及び小型の船舶においては船尾付近に作業用のクレーンを持つ形に設計された船は多いことから、帆の設置を試みることは容易であると思われる。

以下に本研究で得られた知見をまとめる。

- (1) 帆を設置した錨泊は振れ回り軌跡が8の字運動とはならず、楕円軌跡を描く運動となる。
- (2) 帆の設置により振れ回り幅が通常の錨泊時の1/5に減少する。
- (3) 振れ回り幅の減少に伴い振れ回り周期が35%程度遅くなる。
- (4) 帆の設置により船首方位の振れ角が1/3近く減少する。
- (5) 6自由度の並進運動中、SURGING, SWAYINGの速度が帆の設置により減少を示す(両者とも最大で1/3の減少)。
- (6) 6自由度の回転運動中、PITCHING, ROLLING共に減少を示すが、ROLLINGの減少が顕著であり、帆がない状態の約1/3まで減少を示す場合がある。
- (7) 帆の大きさは船体上部構造物の面積の15%程度でも効果が得られる。

参考文献

- (1) 久保雅義, 高岡俊輔: 帆装商船の運航実態とその問題点について, 日本航海学会誌, 第120号 pp. 1~8, 平成6年6月
- (2) 久保雅義, 高岡俊輔: 帆装商船の日本海航路適用性について, 日本航海学会論文集第92号 pp. 231~239, 平成7年3月
- (3) 久保雅義, 高岡俊輔: 新型帆装装置の開発, 日本航海学会論文集第94号 pp. 1~8, 平成8年3月
- (4) 久保雅義, 高岡俊輔: 新型帆装装置の開発 II, 日本航海学会論文集第96号 pp. 203~210, 平成9年3月
- (5) 高岡俊輔, 村山雄二郎, 久保雅義: 帆装型船舶の帆の利用による操船能力について, 日本航海学会論文集第98号 pp. 265~276, 平成10年3月
- (6) 高岡俊輔, 村山雄二郎, 久保雅義: 帆装型船舶の帆を利用した錨泊法について, 日本航海学会論文集第99号 pp. 215~226, 平成10年9月
- (7) 高岡俊輔, 村山雄二郎, 久保雅義: 帆装型船舶の制御とその評価, 日本航海学会論文集第100号 pp. 91~101, 平成11年3月
- (8) 高岡俊輔, 村山雄二郎, 久保雅義: 帆装型船舶の機帆装時の船体運動特性, 日本航海学会論文集第101号 pp. 121~130, 平成11年9月
- (9) 三井造船株式会社特機設計部: 船体運動・環境分析装置取扱い説明書, 平成12年3月