

波浪中曳航時の馬力推定

— 第2報 巡視船による肥大船曳航例 —

推進性能部 *長谷川 純、猿田 俊彦、岡本三千朗
海洋開発工学部 原 正一、山川 賢治、星野 邦弘

1. はじめに

曳船の波浪中における曳航馬力の推定に関する研究では、陸岸曳引力（ボラードプル）だけでなく、曳航時の曳引力の推定が重要であると考えている。そこで第1報¹⁾では巡視船模型を使用して、ウェイトによる曳航荷重が有る時の波浪中推進性能試験結果を報告した。本報告では、巡視船が肥大船を曳航する場合を想定した波浪中での曳航試験結果について速報する。

表 - 1 曳船主要目

	巡視船	模型船
全 長	91.47m	6.8852m
喫水線長	85.00m	6.3982m
型 幅	11.00m	0.8280m
喫 水	4.00m	0.3011m
排 水 量	1,844ト	767.4Kg

2. 供試模型船

実験に使用した曳船は大型巡視船（ディーゼル 3,500PS×2 基、2 軸2 舵で速力 20ktと想定）の約 1/13.3の模型船で、その主要目を表 - 1 に、船型の概要を図 - 1 に示す。被曳船は $C_B = 0.80$ の大型肥大船の約 1/42.7 の模型船で、曳船の縮尺に合わせて換算した場合の想定肥大船としての主要目を表 - 2 に、船型の概要を図 - 2 に示す。尚、理論計算²⁾との対応を考慮して、被曳船にはプロペラは装着していない。

表 - 2 被曳船主要目

	想定肥大船	模型船
全 長	101.63m	7.6497m
喫水線長	99.50m	7.4894m
型 幅	18.03m	1.3574m
喫 水	6.00m	0.4517m
排 水 量	8,867ト	3686.8Kg

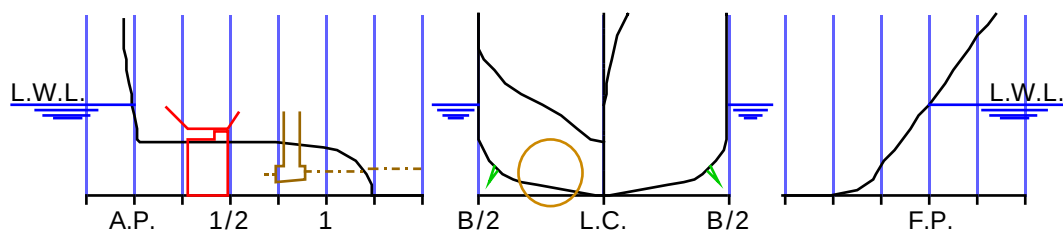


図 - 1 曳船船型形状

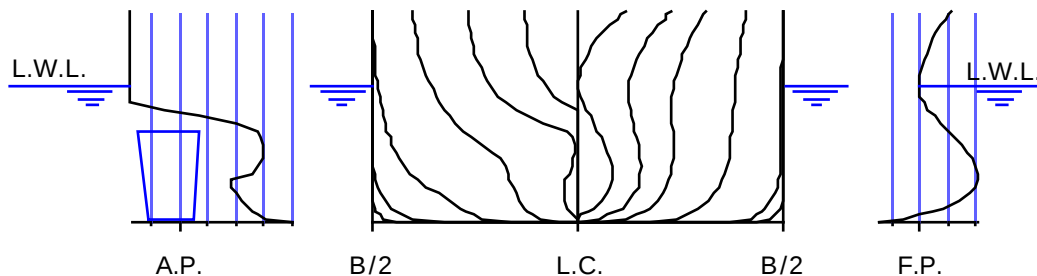


図 - 2 被曳船船型形状

3. 実験概要

実験に用いた座標系を図 - 3 に、実験方法の概要を図 - 4 に示す。曳船はスウェーを拘束し、オートパイロットにより船首方位が水槽中心線に一致するように操舵しながら、自航させた。各速度でのプロペラ回転数は、単独航走時の実船自航点に相当する回転数とした。スウェーを拘束するヒーピングロッド下端には、被曳船の振れ廻りにより曳船がヨーイングを起こした場合を考慮して、前後左右方向の水平分力を計測するためのロードセルが取り付けられている。運動はポテンシオメーターにより計測した。

被曳船は、曳船の船尾端に取り付けた張力計から伸ばした曳航索により曳航し、曳航索の被曳船側にはバネを取付け、衝撃的索張力により曳航索が切断されないようにした。被曳船の運動は方位ジャイロと動揺ジャイロにより計測し、計測された信号はテレメーターを使用して曳引車上で収録した。前後左右上下の運動変位は動揺ジャイロの加速度の積分から求めることを考慮したが、被曳船のスウェーに関してのみ、ビデオ画像をA/D変換し、解析して求めることとした。

実験パラメーターは、被曳船の初期姿勢、曳航方向、曳航索長、曳航速度、波長とし、表 - 3 に平水中の、表 - 4 に規則波中での計測点を示す。表中の曳航索長は被曳船の L_{pp} の整数倍となっており、規則波の波長は曳船の L_{pp} に対する値となっている。

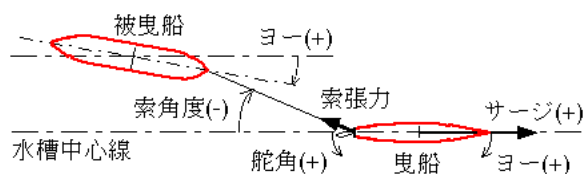


図 - 3 座標系

表 - 3 平水中計測点

被曳船初期姿勢	Even Keel		+2%Trim		
曳航方向	船首	船尾	船首		
曳航索長 ($L = \text{被曳船}L_{pp}$)	2L		L	2L	3L
曳航速度 (ノット)	2.0 & 4.0		2.0 & 4.0		

表 - 4 規則波中計測点

被曳船初期姿勢	曳航方向	曳航索長	曳航速度 (ノット)	λ / L_{pp} (L_{pp} = 曳船 L_{pp})							
				0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.5
+2 % トリム	船首	L	2		○		○		○	○	
			4								
		2L	2	○	○	○	○	○	○	○	○
			4			○	○	○	○		
		3L	2				○		○	○	
			4								

4. 実験結果

実験は、三鷹第2船舶試験水槽（400m水槽：長さ400m、幅18m、水深8m）にて行った。平水中での曳航実験の一例として、被曳船のスナップ写真と時系列を図 - 5 に示す。スナップ写真のA, B, C, Dとほぼ同じ時刻を被曳船のヨー角の時系列に示した。

実験手順は、零点計測後に曳航索が張る直前まで曳船を進行させ、その後曳船を徐々に曳航速度まで加速して計測を開始した。図中の250秒付近で、索張力が大きく変動しているのは、曳船が加速してい

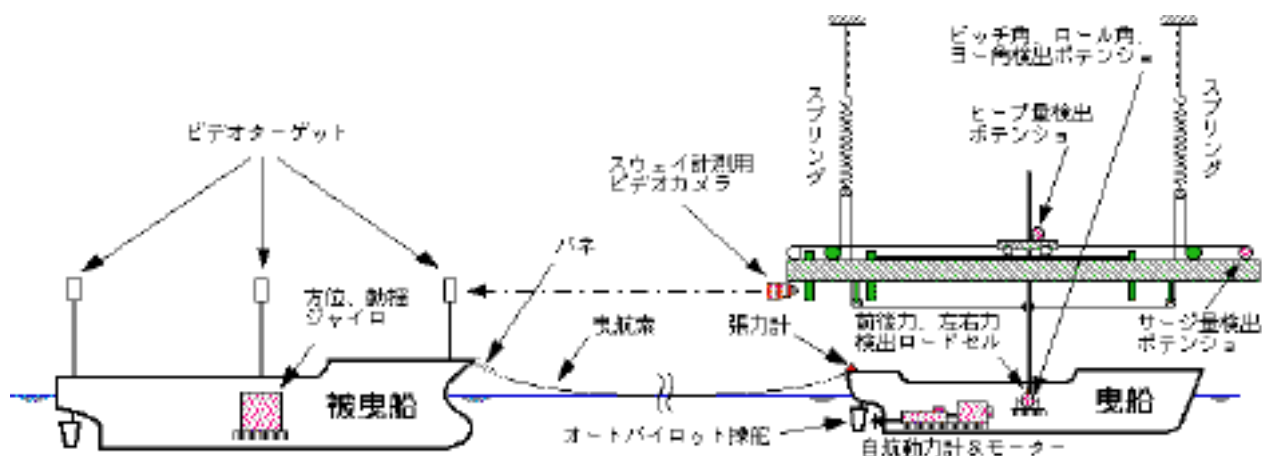


図 - 4 実験方法概要

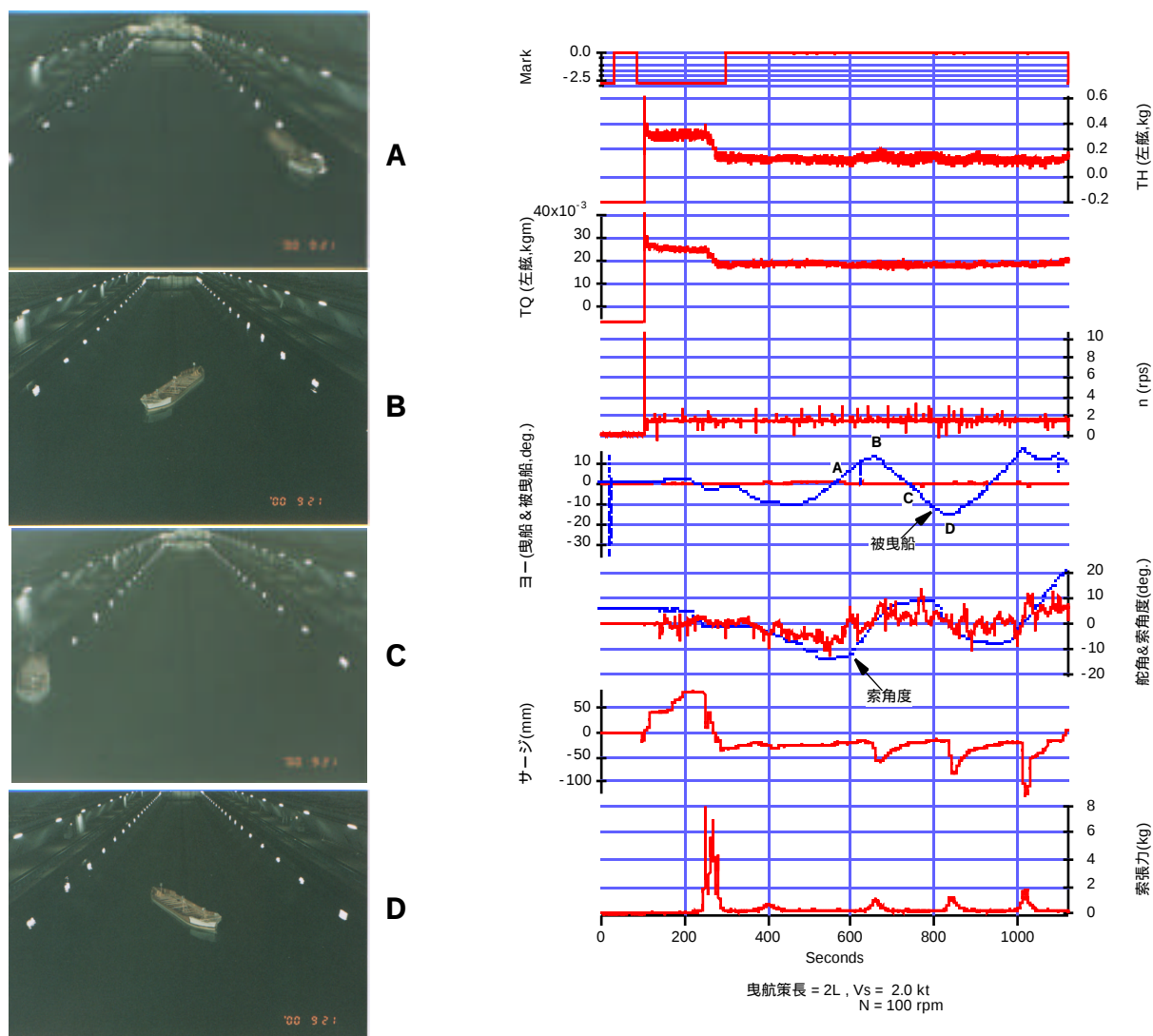


図 - 5 平水中曳航時の例

るときを示している。有限の水槽長さで計測時間を確保しようとして、曳船の加速時間を短くしたため、実船の曳航時とは異なる索張力の変動となっていることに注意されたい。また、1,000秒以降には停止操作を行っている影響も含まれている。但し、計測時間を長くしたとはいえ、平水中では被曳船の振れ廻りは2周期程度しか計測することは出来なかった。

図において索張力と被曳船の航跡を比較すると、被曳船が曳船の航路を斜めに横切るときに、衝撃的索張力が発生している。このような現象は、今回の一連の実験において、被曳船が振れ廻ったとき全てで観察された。しかし、海洋構造物等の曳航では、被曳船の振れ廻り振幅のピークで衝撃的索張力が現れることが知られている³⁾。この違いについては現在検討中である。尚、振れ廻り中の衝撃的索張力で曳船は大きく後方にサーgingした後、引かれる前

の位置に復帰しているが、これには曳船の運動を計測する装置のスプリングの影響が含まれており、曳船の加速特性を示してはいない。

また図に見られるように曳船のヨーイングは ± 0.5 度程度で、ほとんどヨーイングしていない。これは、オートパイロット操舵により被曳船の振れ廻りの影響が押さえられていると考えることも出来るが、衝撃的索張力が現われるときの索角度がほとんど零であることも大きく影響していると考えられる。

図 - 6 に規則波中での曳航実験の一例を示す。波浪中抵抗増加があるため、加速時の索張力の影響は平水中よりも早く減衰し、被曳船の振れ廻りは3周期程度と平水中よりも多く計測出来ているが、ヨーイング角度の振幅は大きくなっている。また、右舷方向に振れる場合と左舷方向に振れる場合とでヨーイングが対称になっていない等の特徴が見られるが、

ヒール角等との比較検討により判断する必要が有と考えている。尚、スウェイの振れ幅に関しては、目視で見たかぎり平水中との差はほとんどなかった。曳船のヨーイングに関しても ± 2 度程度と小さく、被曳船の振れ廻りの影響は平水中と同程度と考えられる。

図では、舵角と索角度がほぼ同じ振幅、位相で変動しているが、他の計測でも同様の傾向が現われている。尚、操舵によるスラスト及びトルクの変動は、平水中・規則波中ともに明確に現われていない。図中650秒付近からの舵角の変動は、大きくサージングした際に計測用ケーブルが滑らかに追従しなかった為に、曳船がヨーイングを発生したことによると考えている。

索張力の変動は、波浪強制力の影響が大きく、平水中のように被曳船のヨーイング角のピークで大きな索張力が現れる現象を確認することは出来なかった。したがって、曳船のサージングと被曳船の振れ廻りの相関も明確になっていない。

5. まとめ

巡視船が肥大船を曳航する場合を想定して、水槽試験を実施した。計測結果に関しては、データの精度確認と再解析を進めている段階である。本報告では、この過程で得られたいくつかの知見について述べた。今後は、得られた知見をもとにして、現象に関する考察を深めるとともに、実船での曳航試験との比較検討を進める予定である。

曳船の推進性能に関しては、被曳船の振れ廻りにより曳船のヨーイングが発生すると予想したが、上述のごとくほとんどヨーイングしなかったため検討材料を得るまでに至らなかった。しかし、第1報で示した実験方法と解析方法の有効性を確認することは出来た。

参考文献

- 1)長谷川純、猿田俊彦、岡本三千朗、柳原 健、深澤良平「波浪中曳航時の馬力推定 第1報 - 巡視船の水槽試験 - 」、2000年6月、第74回船研発表会
- 2)湯川和浩、星野邦弘、原 正一、山川賢次「折損タンカーの曳航に関する研究」、2000年6月、第

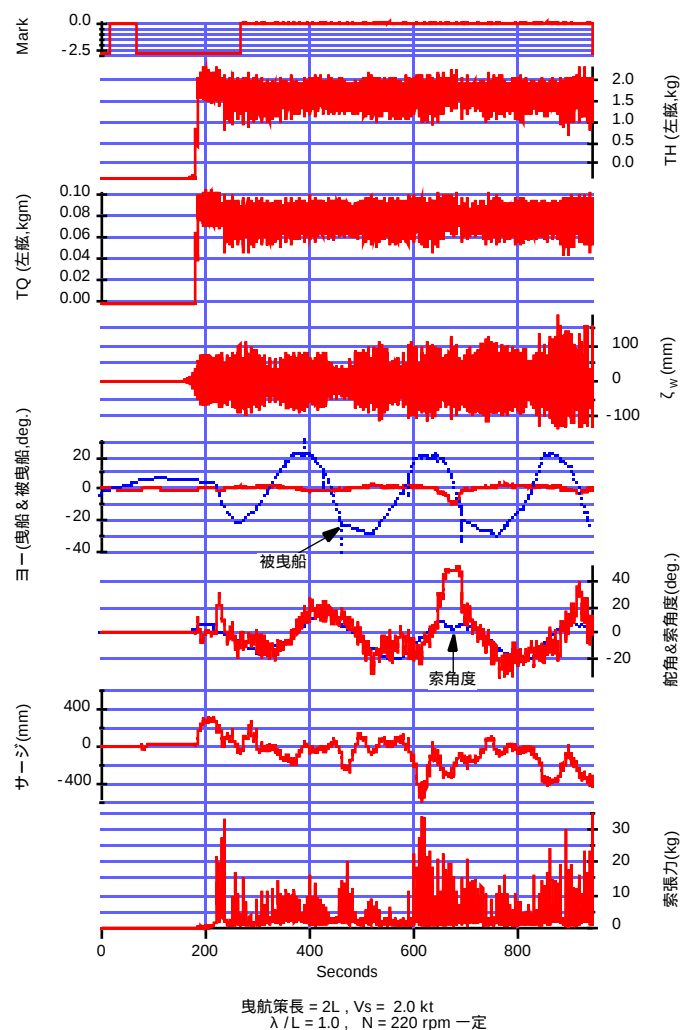


図 - 6 規則波中曳航時の例

74回船研発表会

- 3)原 正一、山川賢次、星野邦弘「平水中曳航時の索張力について」、1988年12月、第52回船研発表会