

# 折損を含む各種船型の波漂流力の比較について

環境・エネルギー研究領域 海洋汚染防止研究グループ \*原 正一、星野邦弘、山川賢次  
 海洋開発研究領域 海洋資源開発グループ 湯川和浩

## 1. はじめに

当所では、平成 10 年度から 5 年計画で国土交通省特別研究「荒天下における航行不能船舶の漂流防止等に関する研究」を開始し、本年 3 月で終了した。本研究の成果として、パソコン上で航行不能船舶の漂流運動、曳航索張力、曳航操船及び曳船の曳航馬力を予測し、操作者に最適な曳航支援ができる情報を提供する最適曳航支援システムを開発した 1) ~ 3) ここでは、遭難船舶を想定してその船種毎の母型船を準備し、漂流運動予測、操船シミュレーション等の試算をシステムの評価のために実施している。本報告では、浸水などで船体姿勢が変化した折損を含む船舶を対象にして、波漂流力及び運動を計算しその船体姿勢、船型の影響を比較した。特に、曳航力に関連する船舶の長手方向の波漂流力及び縦運動について調査した。

## 2. 計算手法

最適曳航支援システムを用いて、種々の船型及び船体姿勢別の波漂流力、船体運動を比較した。波漂流力の計算手法は、波漂流力は丸尾の方法<sup>4)</sup>、水平面内重心まわりの波漂流モーメントは Newman<sup>5)</sup>の方法を用いた。また、付加質量係数、造波減衰係数及びコチン関数については、前進速度のない 3 次元

特異点分布法を用いて求めた<sup>6)</sup>。

試算に用いた母型船の主要寸法を表 - 1 に示す。7 種類の船型(タンカーは 2 種類)についての船体姿勢は、満載状態でイーブンキール、トリム $\pm 3^\circ$ (トリムの符号は、+が船首トリムを表わす)の 3 種類を想定した。船体の縦傾斜については、想定した満載状態からそれぞれの所定のトリムとなるように浸水タンクを定めた。ちなみに、母型船ではすべて船内区画情報が整備されており、満載状態と軽荷状態等の代表的な載貨状態のタンク内の内容量が予め既知である。また、タンカー(ダブルハルタンカー)と貨物船について、イーブンキール、トリム $\pm 3^\circ$ 、トリム $\pm 6^\circ$ の 5 種類の船体姿勢の波漂流力、船体運動に対する影響を調査した。さらに、折損した船体の挙動について調査するために、タンカー(ダブルハル)について同様な検討を行った。船体姿勢は、 $\pm 6^\circ$ に設定した。

表 - 2 に、船型別の船体姿勢の側面概略図を示した。これは、船体の没水部分を図示したものである。また、表 - 3 には、タンカー(ダブルハル)と貨物船のそれぞれの船体姿勢における没水部の側面図を示す。さらに、表 - 4 は、折損タンカーのそれである。なお、すべての計算は、船体縦運動と船体の長さ方向の波漂流力を対象とした。

表 - 1 母型船の主要寸法

船種 D/w型式	タンカー 258,000	タンカー 150,000	コンテナ船 23,700	バージ	PCC 12,500	貨物船 18,000	漁船 499GT
Lpp (m)	320.00	265.00	200.00	70.00	180.00	156.00	53.00
B(mld) (m)	58.00	48.30	32.00	20.00	32.00	26.60	9.40
D(mld) (m)	28.80	22.40	16.50	4.00	14.00	14.10	3.95
d (mld) (m)	18.50	15.20	10.50	3.80	8.50	9.00	3.60
Cb	0.83	0.83	0.56	0.92	0.55	0.70	0.66
lcb (%)	-3.70	-3.30	2.40	-0.90	2.38	-0.54	1.15
	シングルハル	ダブルハル					

表 - 2 各種船型のトリム状態での没水部側面

	船尾トリム3°	船首トリム3°
バージ		
貨物船		
コンテナ船		
漁船		
PCC		
タンカー (ダブルハル)		
タンカー (シングルハル)		

## 2. 計算結果及び考察

表 - 1 の母型船に対して、船の長さ方向の波漂流力  $X_w$  を下記のように無次元化を行った。

$$F_x = \frac{X_w}{\frac{1}{2} \rho g L h_a^2}$$

ここで、 $\rho$  は海水の密度、 $g$  は重力加速度、 $L$  は船体の長さ、 $h_a$  は波振幅である。また、船首方向を力の正方向にとり、波向きは、向波を  $180^\circ$  と定義した。また、船体運動は、サージ、ヒーブ、ピッチをとり、ピッチは波傾斜で、その他の運動は波高で無次元化した。本報告では、向波中での応答を対象とした。

図 - 1 に、各種船型に対するイーブンキールの場合の船体運動と波漂流力について示した。各船型とも向波中及び追波中で船体運動応答は同様な傾向を示しているが、バージと漁船については応答が他の

表 - 3 貨物船とタンカーのトリム状態での没水部側面図

	貨物船	タンカー(ダブルハル)
6°トリム		
3°トリム		
even keel		
-3°トリム		
-6°トリム		

それと比較して若干低めである。また、波漂流力は

表 - 4 タンカー折損時の没水部断面

船尾残存 -6.0°トリム 全長176.6m	
船首残存 6.0°トリム 全長88.3m	
全体残存 イーブンキール 全長265m	

バージを除く船型について  $L/\lambda=0.5$  付近でピークをもつが、バージは波長が短くなるほど波漂流力は大きくなっている。タンカーの波漂流力のピークが追波中では向波中よりも小さくなっている。図 - 2 に、トリム-3°の場合の結果を示す。どの船型についても船体運動応答がイーブンキールの場合に比べて大きくなっている。また、バージとタンカー(ダブルハル)について、大きな船体運動応答の変化がみられる。特に、 $L/\lambda$  が 2.5 以上でその傾向が顕著である。波漂流力については、バージと漁船の応答が非常に大きなピークをもち、バージの追波中の応答が向波中と全く異なっている。タンカー(シングルハル)の応答もイーブンキールの場合と比較して大きくなっている。他の船型についても波漂流力は、イーブンキールの場合と比べて大きくなっており、浸水などで船体傾斜した船を曳航する場合は、索張力が増加することによる索切断に注意する必要がある。表 - 2 からわかるように、甲板が没水するほど船体が傾くと、船体運動に大きな変化が生ずるようになる。

図 - 3 は、トリム3°の場合の同様な結果を示す。船尾の甲板が浸水した貨物船、コンテナ船、バージに船体運動の変化が著しい。特に、ピッチの最大応答は船首トリムの場合の10倍以上にもなる。波漂流力については、向波中及び追波中とも貨物船のみが長波長領域で応答が大きくなっているが、船首トリムの場合と比較するとその絶対値は小さい。

このように船首トリムして甲板が没水した航行不能船舶を曳航する場合、船尾曳航するのが一般的である。この場合、バージや漁船において、ある波長

表 - 5 縦メタセンター高さと重心位置

	aft(-6.0°trim)	fore(6.0°trim)	all(even keel)
GML	77.403	32.439	384.33
OGX	15.768	-3.144	8.75

範囲で波漂流力が極端に大きくなり、特に被曳船の船尾から波が入射する場合に注意が必要であると考えられる。

図 - 4 及び図 - 5 に、タンカー(ダブルハル)と貨物船の向波中におけるそれぞれの船体運動応答と波漂流力を示す。タンカー(ダブルハル)については、船首トリムの際に  $L=1.0$  付近で船体運動応答が大きくなり、船首トリム  $6^\circ$  の場合に最大の波漂流力の応答を示す。一方、貨物船の場合は、船尾トリムで  $L=1.5$  付近から船体運動応答が非常に大きくなり、これによる影響と思われる波漂流力の増加が長波長領域でみられる。

図 - 6 にタンカー(ダブルハル)が船首から  $1/3$  の箇所折損した場合を想定して、その残存船首部と残存船尾部及び折損前の元の船体の3つの場合の向波中の応答を比較した。折損した船体はどちらも  $6^\circ$  トリムしているが、船体運動応答は残存船尾部にピッチとヒープの極端に大きな応答が生じている。また、波漂流力についても全波長域で応答が大きい。表 - 5 に、それぞれの場合の縦メタセンター高さ(GML)及び船体中心からの重心の距離(OGX)を示す。縦メタセンター高さについては、折損により著しい現象がみられる。船体が折損して、予備浮力が大きいと考えられる船尾部を船尾方向に曳航索をとり曳航する際、船体運動が極端に大きくなる可能性が示されており、曳航索の挙動にも注意する必要がある。

### 3. まとめ

荒天下で損傷等により航行不能船舶が傾斜した場合を想定して、その際の船体運動と波漂流力の応答を調査した。今回取り上げた船体の縦傾斜時の応答は、当所で開発した最適曳航支援システムにおけるシミュレーション計算によって求めることができる。甲板が没水するような状態の船体運動等の計算は、本来非線形応答と考えられるので、実験による検証が必要である。本報告で取り扱わなかった折損・転

覆した船体の応答についても、シミュレーション計算を検証することが重要となる。今後、曳航事例との比較検証により、計算の推定精度の向上を図る必要がある。

### 参考文献

- 1)最適曳航支援システム(その1. 損傷船舶の最終姿勢) 第1回海上技術安全研究所発表会講演集、平成13年6月
- 2)原正一、星野邦弘、湯川和浩、山川賢次、最適曳航支援システムの開発(その2) 第2回海上技術安全研究所発表会講演集、平成14年6月
- 3)原正一、荒天下における航行不能船舶の漂流防止等に関する研究の概要、第2回海上技術安全研究所発表会講演集、平成14年6月
- 4)Maruo,H., The Drift of a Body Floating on Waves, Journal of Ship Research, Vol.4, No.3, 1950
- 5)Newman,J.N., The Drift Force and Moment on Ships in Waves, Journal of Ship Research. Vol.11, No.1, 1967
- 6)原口富博、二村正、曳船およびバージの波漂流力計測、船舶技術研究所報告、第31巻、第3号、平成6年5月

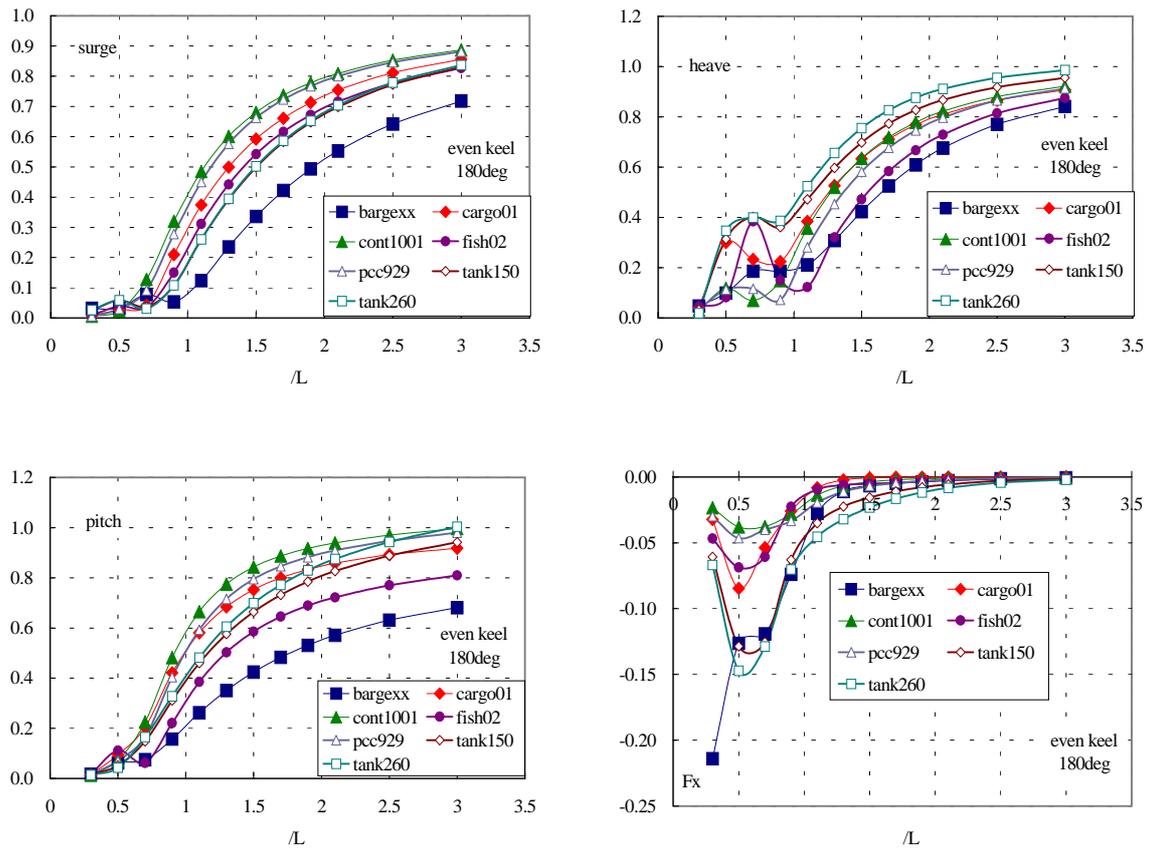


図 - 1 船体運動応答と波漂流力の応答に対する船型の影響 (イーブンキール、向波)

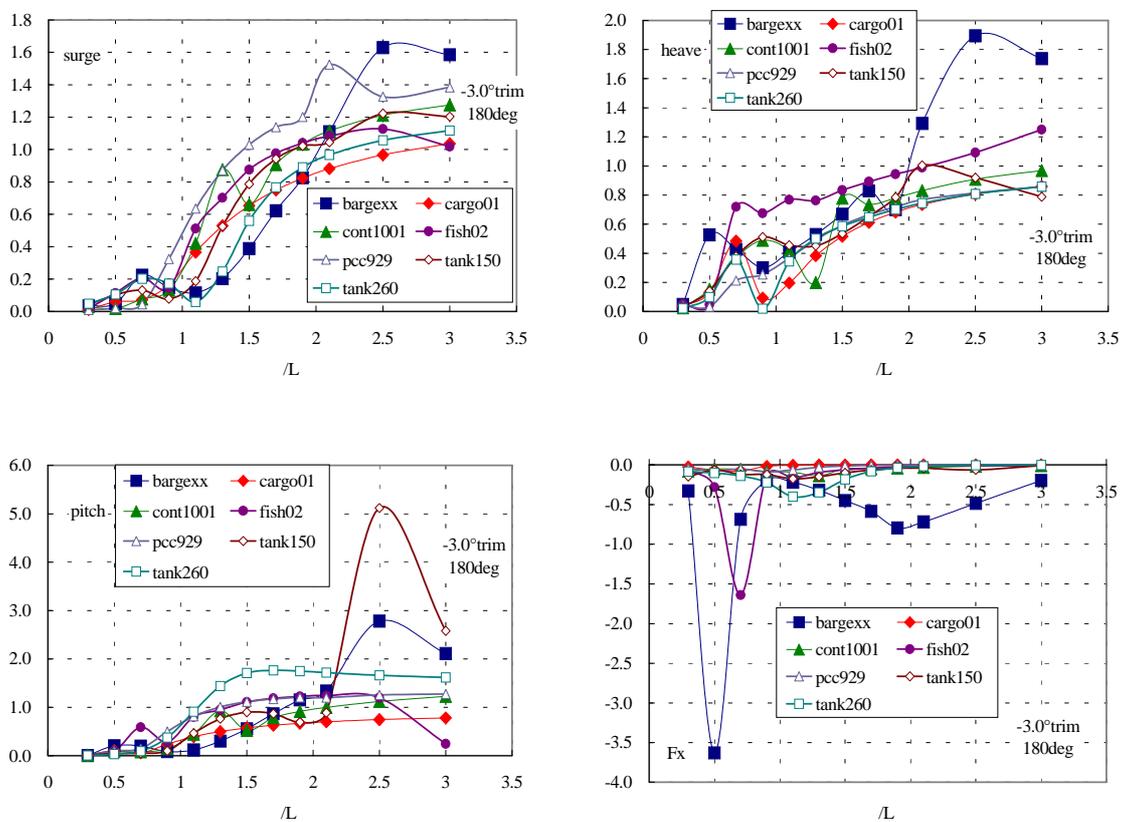


図 - 3 船体運動応答と波漂流力の応答に対する船型の影響 (船首トリム、向波)

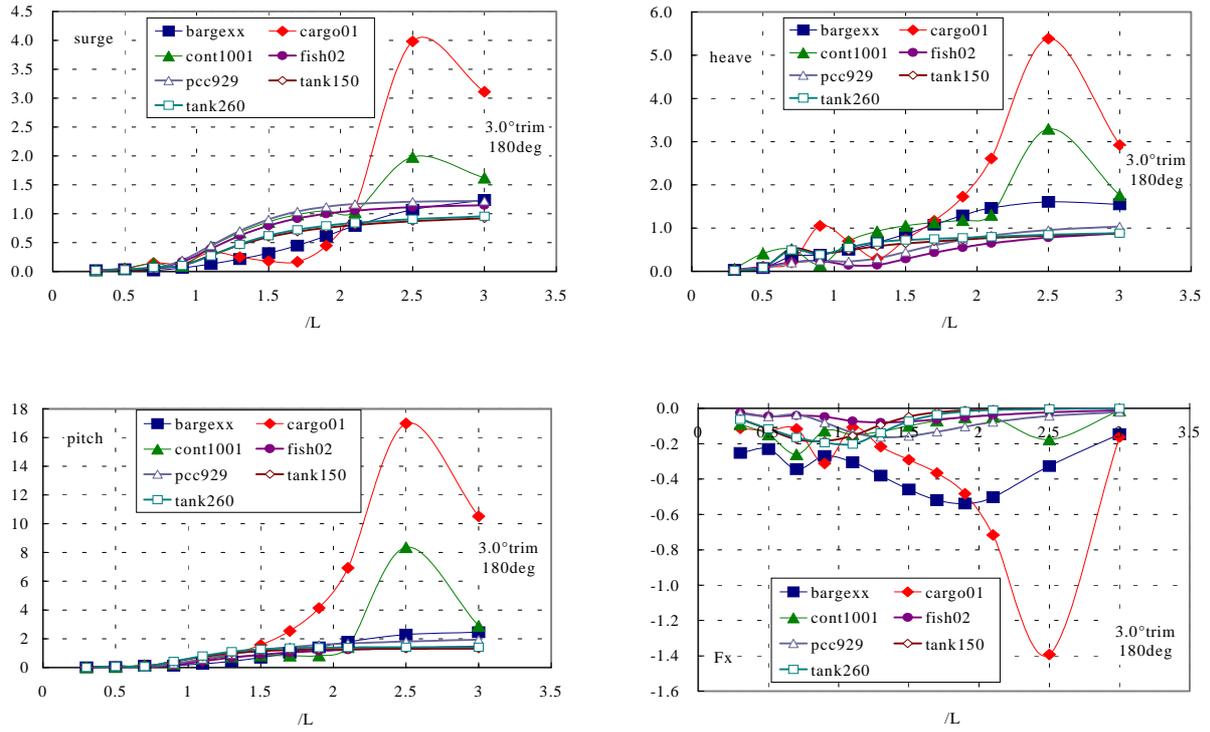


図 - 3 船体運動応答と波漂流力の応答に対する船型の影響 (船尾トリム、向波)

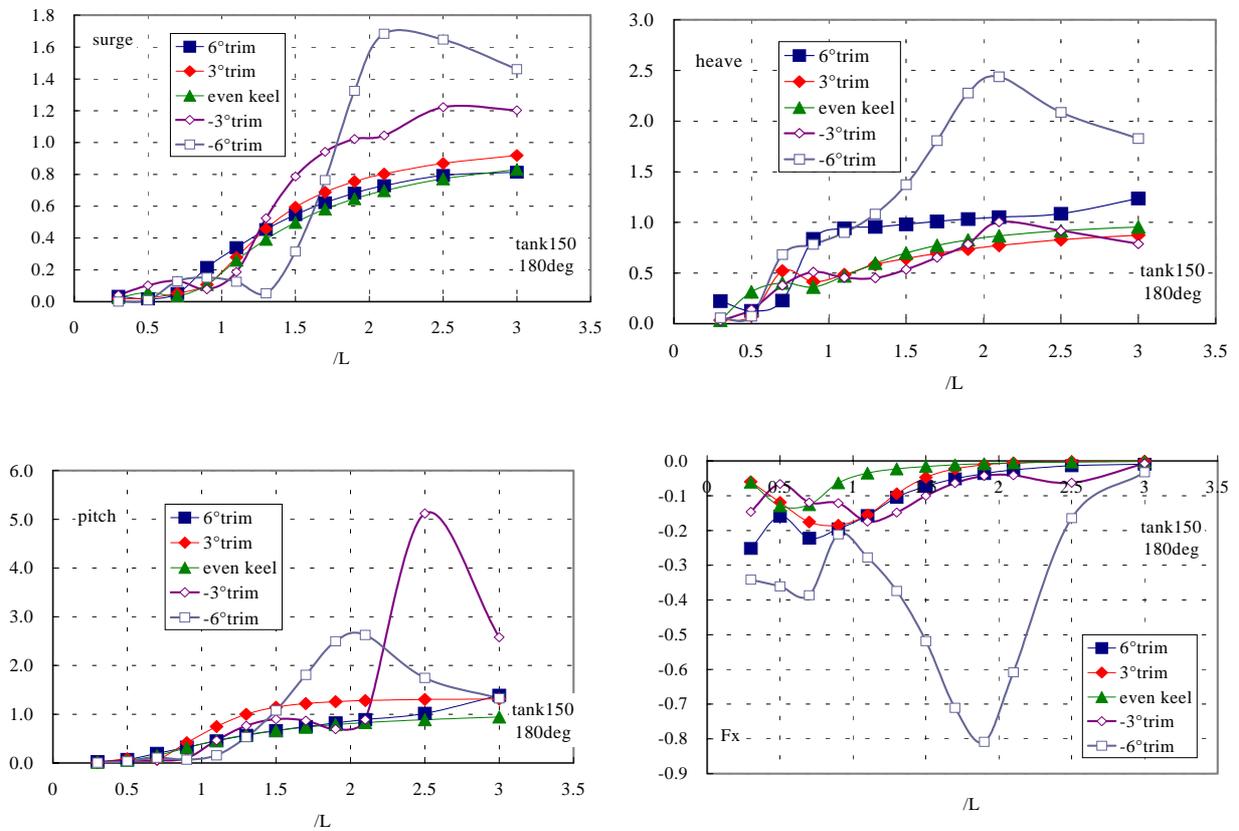


図 - 4 船体運動応答と波漂流力の応答に対する船体姿勢の影響 (タンカー (ダブルハル))

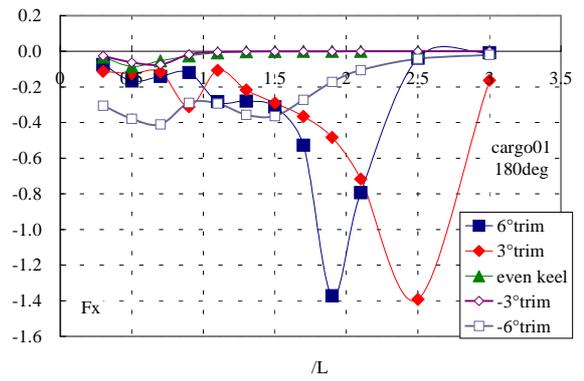
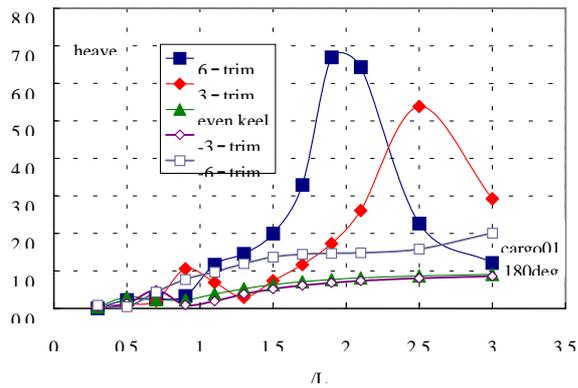
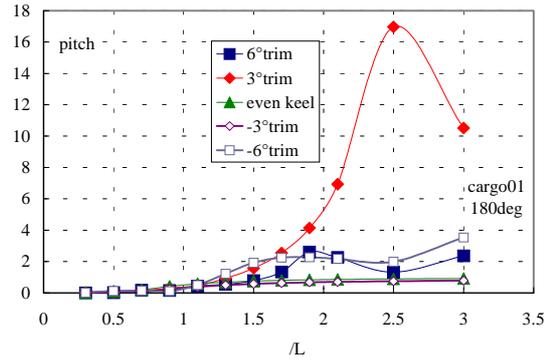
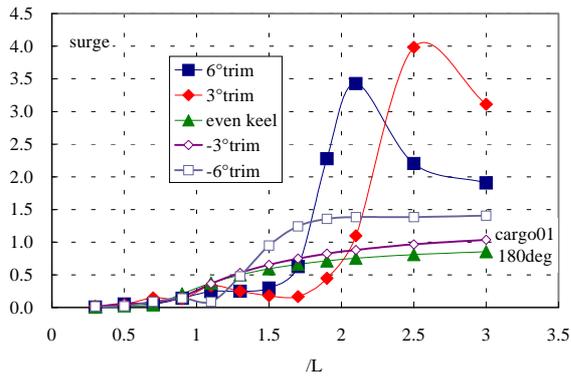


図 - 5 船体運動応答と波漂流力の応答に対する船体姿勢の影響 (貨物船)

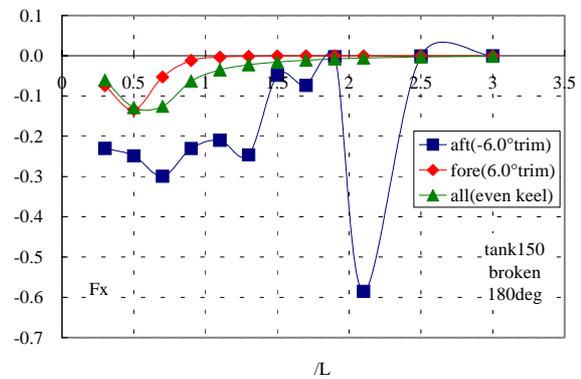
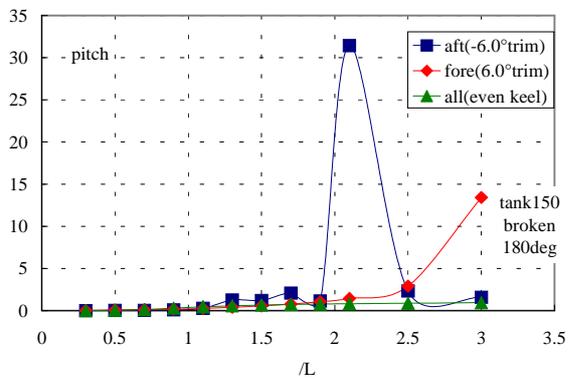
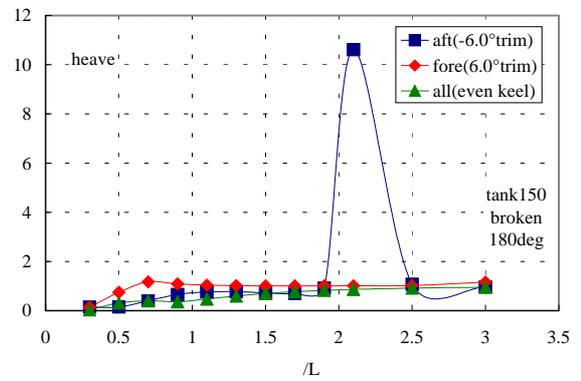
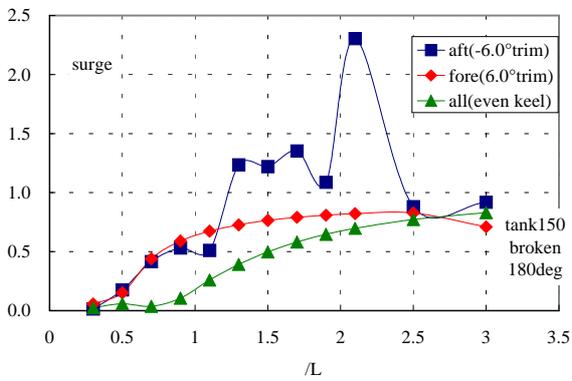


図 - 6 折損タンカーの船体運動応答と波漂流力の応答に対する船体姿勢の影響