

載荷状態が推進性能に及ぼす影響

——バルクキャリア船型についての調査・研究——

柳原 健*・川上善郎*

On the Effect of Ship's Loading Condition upon the Propulsive Performance

——Investigation into two bulk carrier ships having
different particular dimensions

By

Tsuyoshi YANAGIHARA and Yoshiro KAWAKAMI

Abstract

To investigate the effect of various loading conditions of a ship upon the propulsive performance, the bulk carrier ship models having different particulars were tested.

The main results are as follows:

A: Test's conditions are all even keel and various loads,

- (1) Form factor (K) is minimum under nearly fully loaded conditions.
- (2) Form factor is minimum in case of minimum dipping amount at A.P. under the defined F_n .
- (3) Residuary resistance coefficient (r_R) is minimum under nearly fully loaded condition.
- (4) Wake fraction increases with the decrease of ship's loading, but thrust deduction factor and relative rotative efficiency are almost independent of ship's loading.
- (5) The speed decreases by 6 ~ 7% for overfull load condition ($1.2 \nabla_F$) and increases by about 10% for ballast condition ($0.5 \nabla_F$), comparing with the speed under the defined DHP of fully loaded condition (∇_F).

B: Test's conditions are various trim for ballast conditions.

- (1) Generally, form factor increases and wake fraction decreases with the increase of the trim by stern, for ballast load conditions tested.

1. 緒 言

水槽における船型試験（推進性能試験）の実施にあたっては、時間の制約等によって、通常、試験状態として考えられるのは3状態（Full, Ballast, Over FullもしくはBallastの追加）程度である。

したがって、それら以外の試験状態における推進性能は、必要があれば、上記データを用いて推定せねばならない。現在のように、少しでも精度のよい推定が要求される場合、これは容易なことではない。

今回、これらを明らかにするために、バルクキャリア

の船型をえらび、載荷状態を数種変化させて、その推進性能に及ぼす影響を調査した。

2. 模型船及び模型プロペラ

2隻の模型船A, Bの主要目をTable 1 a及び1 bに、正面線図及び船首尾部形状をFig. 1 a及び1 bに示す。

模型船Aは、一般的な60,000 ton型バルクキャリアで、対応実船の L_s は200 mである。

模型船Bは、120,000 ton型の広幅バルクキャリアの船型で L_s は206 mの実船を対象として計画された。

また、模型船Aに使用される模型プロペラA及び模型船Bに使用される模型プロペラBの要目をTable 2 a及び2 bに示す。

*推進性能部

原稿受付：昭和59年10月31日

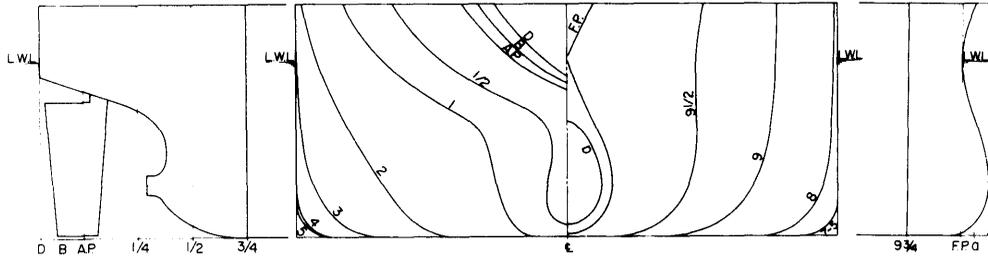


Fig. 1 b Body plan, stem and stern shapes (model B)

Table 2 a Particulars of the propeller (model A)

Propeller A	
Diameter (m)	: 0.1787
Boss ratio	: 0.180
Pitch ratio	: 0.800
E. A. R.	: 0.550
B. T. R.	: 0.050
Angle of rake	: 10°
No. of blades	: 4
Blade section	: MAU

Table 2 b Particulars of the propeller (model B)

Propeller B	
Diameter (m)	: 0.2233
Boss ratio	: 0.180
Pitch ratio	: 0.800
E. A. R.	: 0.550
B. T. R.	: 0.050
Angle of rake	: 10°
No. of blades	: 4
Blade section	: MAU

3. 試験状態等

模型船 A, B の試験状態を Table 3 a 及び 3 b に、各状態の喫水位置を Fig. 2 a 及び 2 b に示す。Fig 2 a 及び 2 b は、単に船首尾における喫水の関係を示したもので、船の長さ方向が縮小されている。

両船とも、トリム 0 の状態で、排水量を over full load 120% ∇_F (∇_F は満載状態の排水量) から ballast load 50% ∇_F まで変化した。また、模型船 A では、

数種の載荷状態でトリム変化の試験を付け加えた。

Fig. 2 b にみられるように、B 船の 50% ∇_F の船尾喫水は、0 及び 1% の船尾トリムの状態で、プロペラ先端が水面より上となっている。

摩擦抵抗の計算には、シェーンヘルの式を用い、実船に対する粗度修正係数 ΔC_F は、ともに、 -0.00010 とした。

また、両船型とも、満載状態 (100% ∇_F) のプロペラ面における伴流計測を行った。

Table 3 a Test conditions (model A)

Load condition	d_M (m)	Trim(m) *	∇ (m ³)	S (m ³)	l_{CB} ** (% of L_{pp})
1.2 ∇_F	0.4149	0	1.8957	9.2591	-1.301
1.1 ∇_F	0.3829	0	1.7378	8.8648	-1.527
1.0 ∇_F	0.3495	0.120	1.5800	8.4678	0.845
∕	0.3504	0.060	1.5799	8.4684	-0.477
∕	0.3509	0	1.5798	8.4649	-1.787
∕	0.3515	-0.060	1.5798	8.4534	-3.075
∕	0.3515	-0.120	1.5798	8.4292	-4.334
0.9 ∇_F	0.3187	0	1.4219	8.0535	-2.071
0.75 ∇_F	0.2689	0.120	1.1840	7.4529	0.776
∕	0.2697	0.060	1.1871	7.4397	-0.889
∕	0.2703	0	1.1895	7.4042	-2.479
∕	0.2686	-0.060	1.1850	7.3449	-4.015
0.6 ∇_F	0.2202	0.120	0.9494	6.7909	0.954
∕	0.2196	0.060	0.9489	6.7439	-0.977
∕	0.2185	0	0.9485	6.6967	-2.793
∕	0.2168	-0.060	0.9476	6.6470	-4.528
0.5 ∇_F	0.1862	0.120	0.7903	6.3147	1.338
∕	0.1851	0.060	0.7902	6.2675	-0.814
∕	0.1842	0	0.7933	6.2366	-2.882

* Trim by bow is defined by negative values.

** The position of lcb forward from midship is defined by negative values.

Table 3 b Test conditions (model B)

Load condition	d_M (m)	Trim(m)	∇ (m ³)	S (m ³)	l_{CB} ** (% of L_{pp})
1.2 ∇_F	0.4623	0	2.1174	8.6829	-2.747
1.1 ∇_F	0.4275	0	1.9410	8.3225	-3.042
1.0 ∇_F	0.3922	0	1.7646	7.9495	-3.349
0.9 ∇_F	0.3564	0	1.5882	7.5605	-3.651
0.75 ∇_F	0.3013	0	1.3236	6.9422	-4.039
0.5 ∇_F	0.2057	0	0.8824	5.9441	-4.371
∕	0.2076	0.048 *	∕	5.9602	-2.983
∕	0.2094	0.096 *	0.8825	5.9787	-1.574

* Trim by bow is defined by negative values.

** The position of lcb forward from midship is defined by negative values.

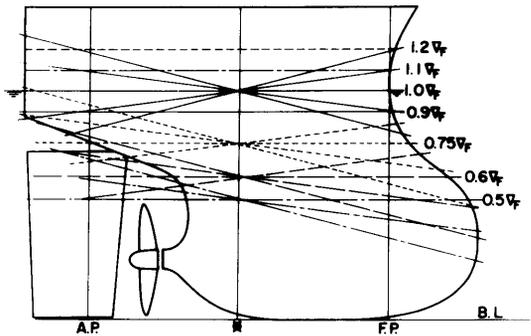


Fig. 2 a Draft conditions (model A)

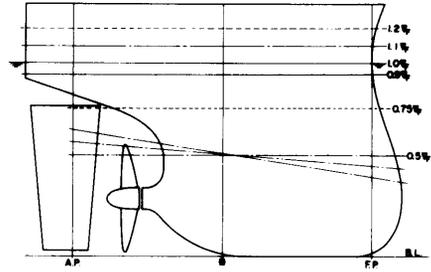


Fig. 2 b Draft conditions (model B)

4. 試験結果及び考察

常用速度として模型船 A における $F_n=0.16$ 、および模型船 B における $F_n=0.14$ の試験結果を以下に示す。

	模型船 A	模型船 B
排水量変化(トリム=0)	Fig. 3 a ~ c	Fig. 4 a ~ c
100% ∇_F トリム変化	Fig. 5 a ~ c	
75% ∇_F	Fig. 6 a ~ c	
60% ∇_F	Fig. 7 a ~ c	
50% ∇_F	Fig. 8 a ~ c	Fig. 9 a ~ c
伴流分布	Fig. 10 a	Fig. 10 b

これらの図から次のようなことがわかる。

A: トリム=0 で排水量を変化した場合

- (1) 形状影響係数 K (シェーンヘルベース) の値は排水量比 (満載状態の排水量との比) によって変り、最少値を示すのは、ほぼ90~100% ∇_F 状態である。90~100% ∇_F 状態から排水量比が変化すると、増減いずれにしても K の値は増加する。
- (2) 船尾船体の沈下量の増加が、 K の増加に対応している。
- (3) 剰余抵抗係数 r_R は排水量比によって大きく変り、その最小値を示すのは、 K 同様、90~100% ∇_F 状態である。なお、排水量比の変化に対応して $S/2\nabla^{2/3}$ の比較が Fig. 3 a および Fig. 4 a に示されている。

- (4) Fig. 4 a にみられるように模型船 B の50% ∇_F 状態 (トリムなし) の K が、他の状態にくらべて大幅に低いのは、(船尾) 喫水が極端に浅くて、船尾が浮き上がったような形状を呈するためと考えられる。(Fig. 2 b 参照) A 船のように60% ∇_F が試験されてないため、75% ∇_F と50% ∇_F の間は、破線で結んである。

- (5) 自航要素のうち伴流率 W_T は、排水量比に対応して直線的に変化している。110% ∇_F から60% ∇_F (B 模型船では75% ∇_F) までの間は、排水量比の増減が $1-W_T$ の増減に比例するが、それを超えると $1-W_T$ の変化はゆるやかになる。

また、110% ∇_F と60% ∇_F (B 船では75% ∇_F) の間の $1-W_T$ の排水量比に対する傾斜は、プロペラ直径と喫水の比が排水量比に対する傾斜にほぼ対応している。

模型船 B の50% ∇_F 状態においては、Fig. 2 b に見られるように、プロペラ直径の先端が船尾喫水より直径の約10%水面上に出ているため、空気吸込みが起り、 $1-W_T$ が高目となって排水量比との関係が模型船 A の場合と異っている。しかし、模型船 A のように、60% ∇_F が試験されていないので、この間が不明で、破線で図示してある。

- (6) 推力減少率 t は、排水量比の変化によって多少は変化している場合もあるが、いずれにしても、その

変化は1~2%の範囲である。

- (7) プロペラ効率比 η_R は、 $1-t$ と同様、排水量比による差異は少く、1~2%以内である。
- (8) 伝達馬力 DHP の計算に当っては、試験状態と同じく $\Delta C_F = -0.00010$ を使用し、実船の伴流係数の推定に矢崎の図表¹⁾を使用した。模型船 A の $F_n = 0.16$ 、模型船 B の $F_n = 0.14$ における各載荷状態の DHP を比較すると、満載状態 (100% ∇_F) より排水量の多い over full load 状態の DHP は、満載状態の DHP に対して排水量比にほぼ対応して増加する。一方、満載状態より排水量の少ない状態 (ballast 等) の DHP は、満載状態の DHP に対して $[1 - (\text{排水量比})]$ の $\frac{1}{2}$ にほぼ対応して減少していることがわかる。
- (9) 推進効率 η は、排水量比の減少にしたがって増加する。
- (10) アドミラルティ係数 C_{adm} は、ほぼ満載状態 100% ∇_F のとき最高値を示す。

抵抗性能を表わす K や r_R のみならず、最終的に総合性能としても考えられる C_{adm} が、満載状態において best になるのは、船の設計が、現在に至るまで、満載喫水で行われ、よりよい成績が得られるように改善の努力が重ねられてきたからであろう。

- (11) 満載状態 100% ∇_F における $F_n = 0.16$ (A 船) および $F_n = 0.14$ (B 船) の DHP を基準として、他の載荷状態 (トリムなし) の DHP と比較すると、その状態における速度低下 (もしくは増加) は、満載状態を境として、排水量比の増加する場合と減少する場合とでその割合が異なる。すなわち、満載状態に比べて 120% ∇_F の over full 状態では約 6~7% の速度低下を来し、75% ∇_F の ballast 状態では約 5% の速度増加となる。さらに 50% ∇_F にすると、A 船の場合は、直線的に増加するが、B 船は(5)に述べた理由により増加の割合が変わってくる。

B: トリム変化の影響

- (1) 満載状態 100% ∇_F においては、トリム 0 を中心に、船首尾いずれも 1% 及び 2% L_{pp} のトリム変化試験を行った。それによると、トリム 0 の状態が最も低い K や r_R を示す。

$1 - W_T$ は船尾トリムの増加にしたがって増加するが、 $1-t$ は、ほぼ、トリム 0 の状態で最大値を示し、 η_R は変らない。DHP, C_{adm} ともトリム 0

の場合最良となる。

- (2) 75% ∇_F 及び 60% ∇_F 状態におけるトリム変化は、1% L_{pp} の船首トリム、トリム 0、1% 及び 2% L_{pp} の船尾トリムである。

r_R は 1% L_{pp} 船首トリムが最小でトリム 0 との差は少いが、船尾トリムの増加にしたがって増加する。 K の変化は少い。

伴流係数 $1 - W_T$ は船尾トリムの増加にしたがって増加し、 $1-t$ もややその傾向があるが、 η_R はほとんど変化しない。

DHP や C_{adm} は、1% L_{pp} 船首トリムの場合、すぐれた結果を示す。しかしトリムなしの場合との差は少い。

- (3) 50% ∇_F 状態でトリムを変えた場合は、トリムなしから船尾トリムを 1%, 2% L_{pp} と増してゆくと、 K も r_R も増える。

自航要素では、 $1 - W_T$ は、船尾トリムの増加にしたがって増加するが、 $1-t$ は A 船と B 船とで傾向が異なり、 η_R はほとんど変らない。

DHP, C_{adm} ともに、トリムなしの場合よい結果を示す。

上記(1)~(3)の場合、満載状態で基準として定めた馬力で比較すると、各載荷状態において、トリムなしから 2% L_{pp} の船尾トリムをつけると、約 1~2% の速度低下となる。

5. 結 言

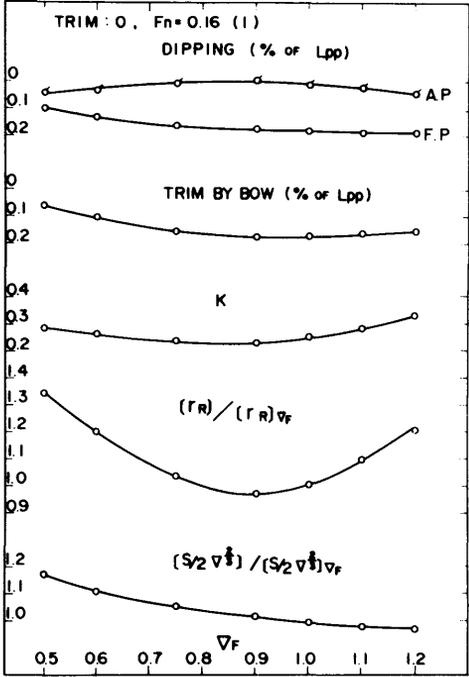
バルクキャリア 2 船型について、種々に載荷状態を変えて推進性能試験を行った。

いろいろな載荷状態の性能が満載状態と比較して明らかにされ、また、いくつかの、状態においてトリムの影響が確かめられた。

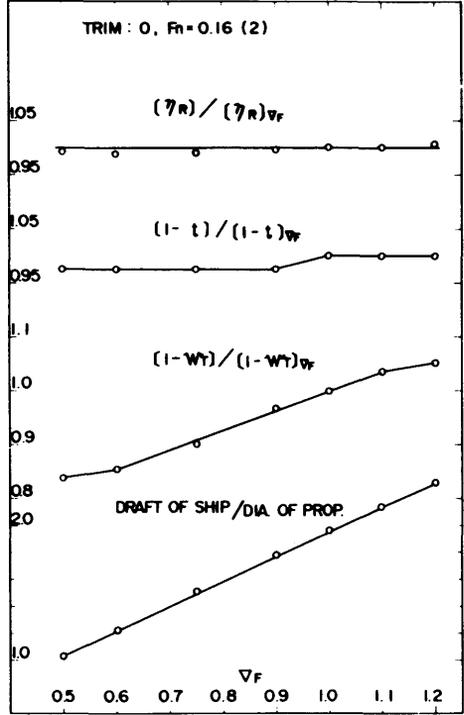
実船馬力の推定計算の方法には、例えば、 ΔC_F のとり方、伴流係数や推力減少率の決め方等について問題も残されているが、これらのデータをもとにして、様々な状態における推進性能や馬力の推定を行うことが可能である。

参 考 文 献

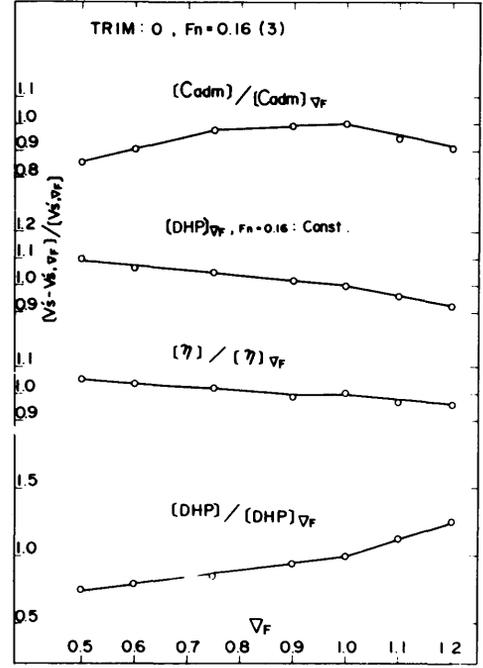
- 1) 矢崎敦生：模型船による水槽試験から実船の伴流係数を推定するための図表について、日本造船学会誌第 480 号、昭和 44 年 6 月



a



b



c

Fig. 3 Comparison of results for various loading conditions (model A)

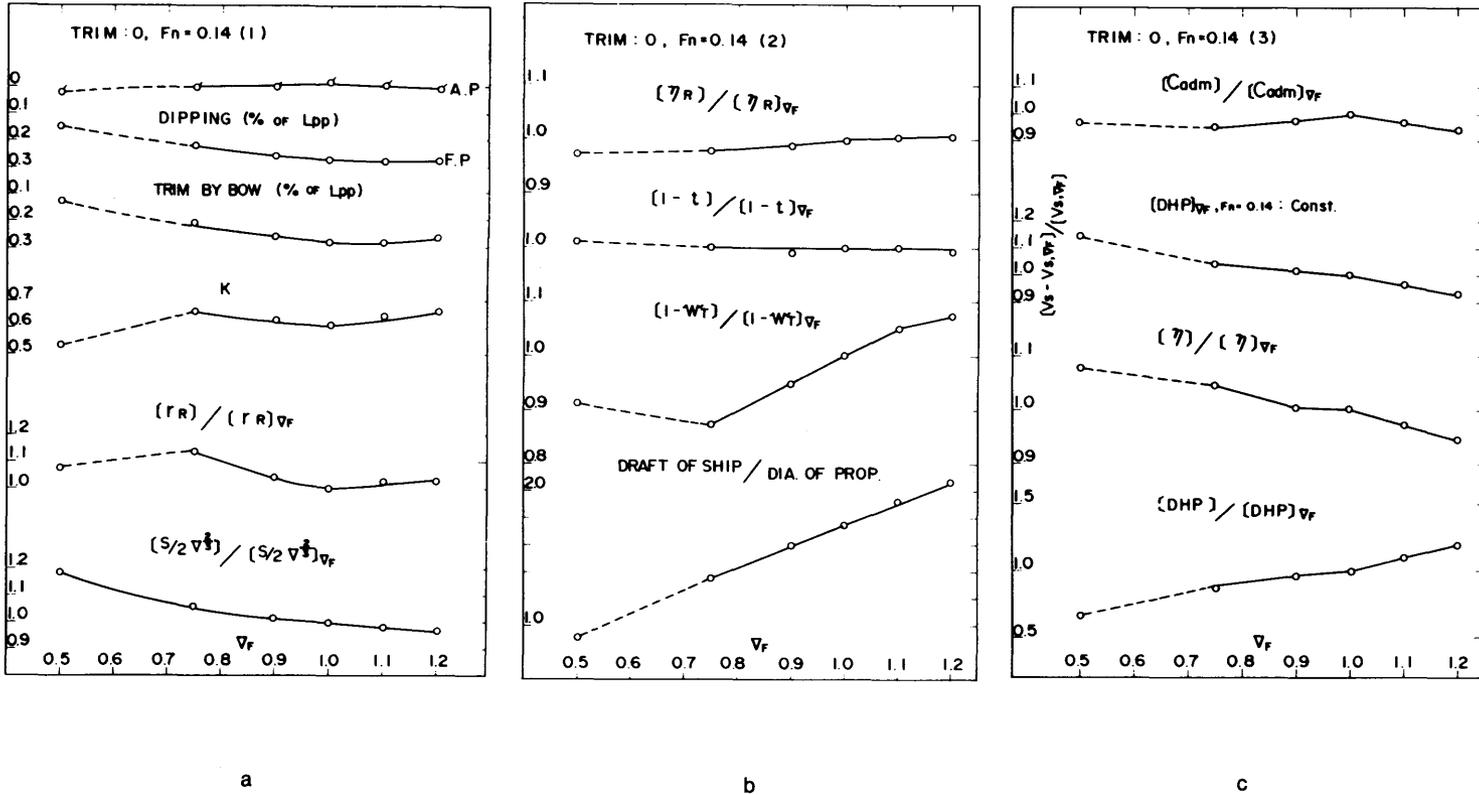
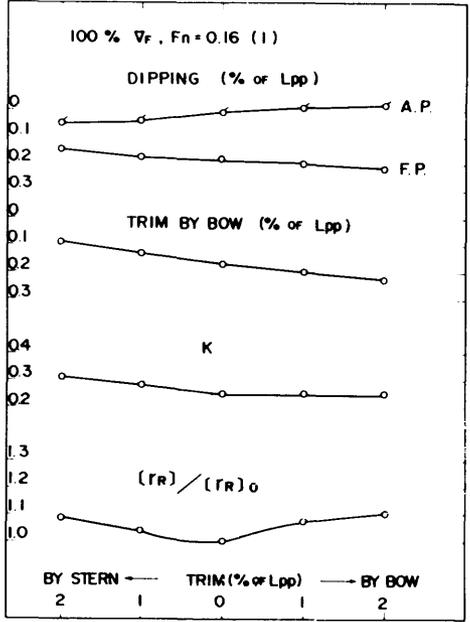
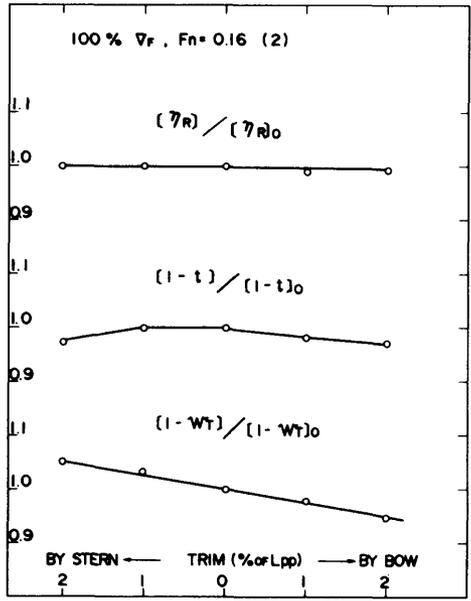


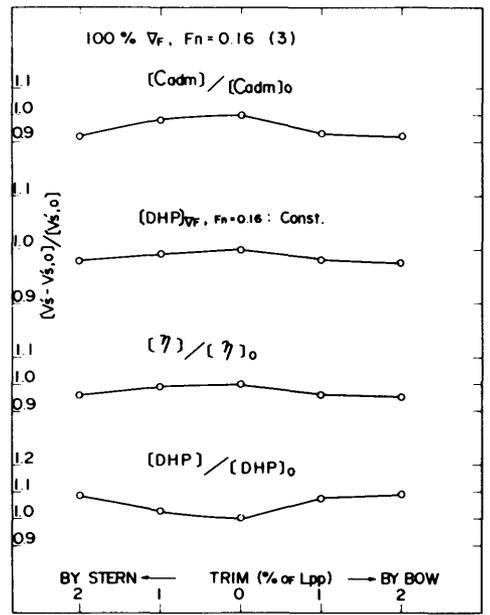
Fig. 4 Comparison of results for various loading conditions (model B)



a

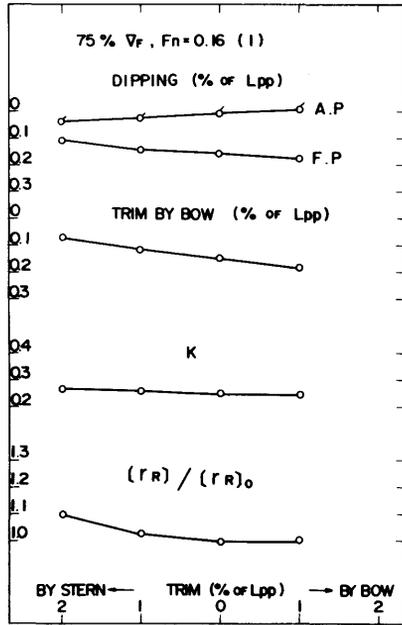


b

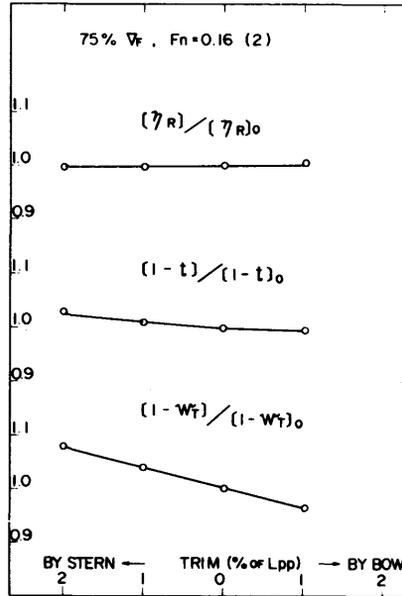


c

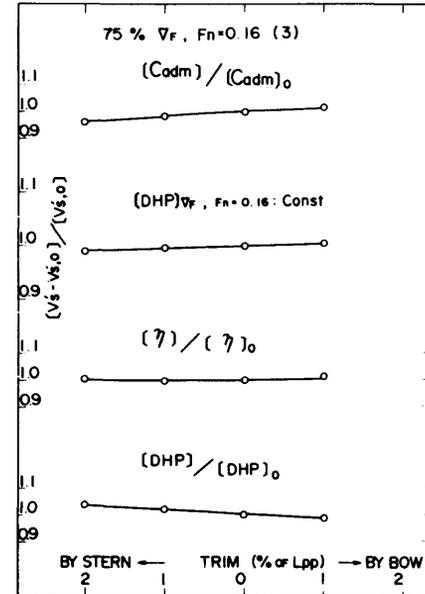
Fig. 5 Effect of trim on propulsive performance for 100% ∇_F load condition (model A)



a

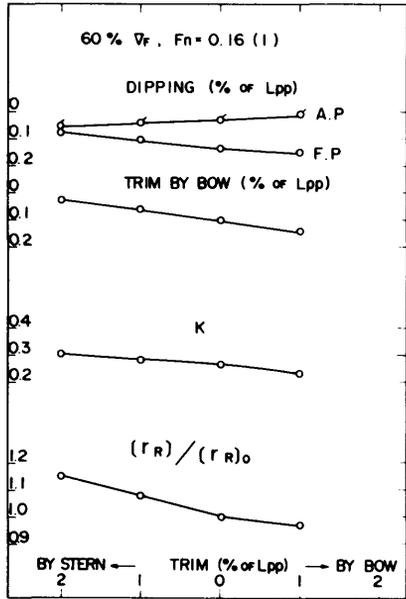


b

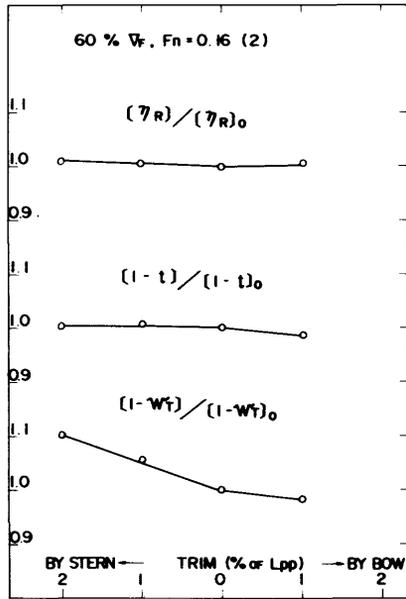


c

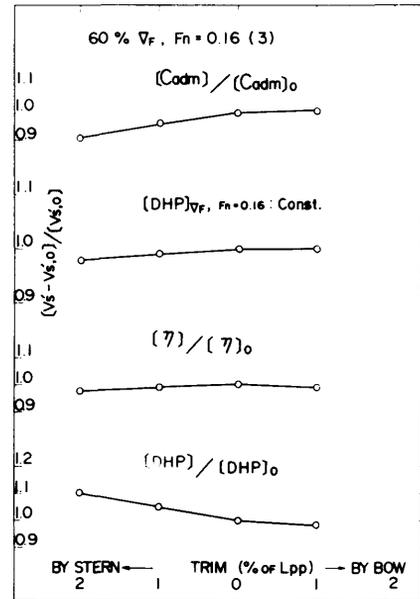
Fig. 6 Effect of trim on propulsive performance for 75% ∇_r load condition (model A)



a



b



c

Fig. 7 Effect of trim on propulsive performance for 60% ∇_F load condition (model A)

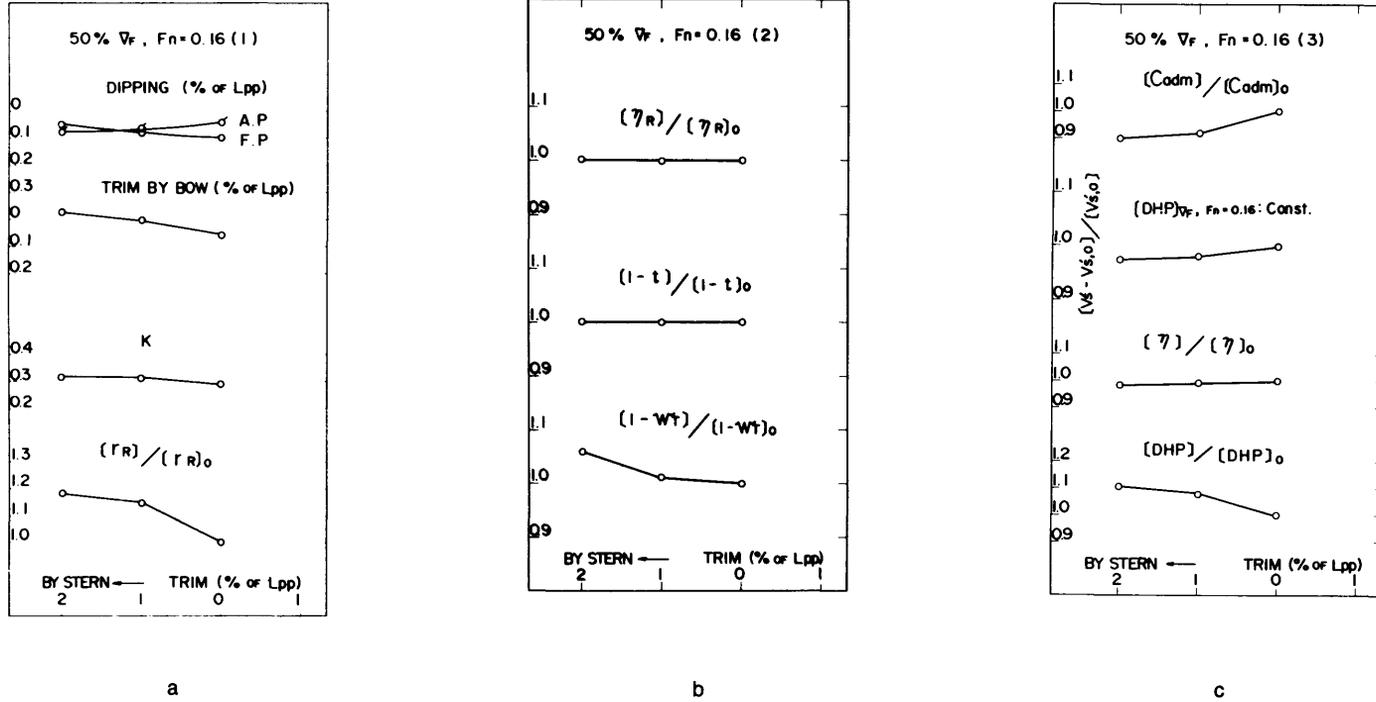
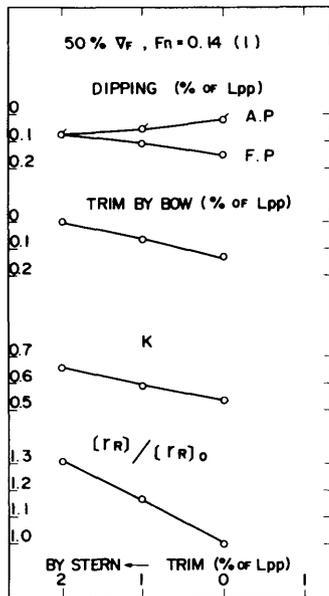
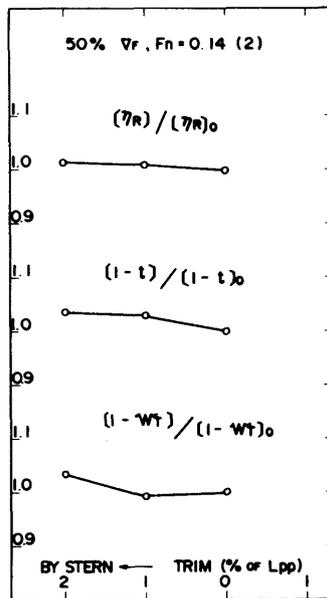


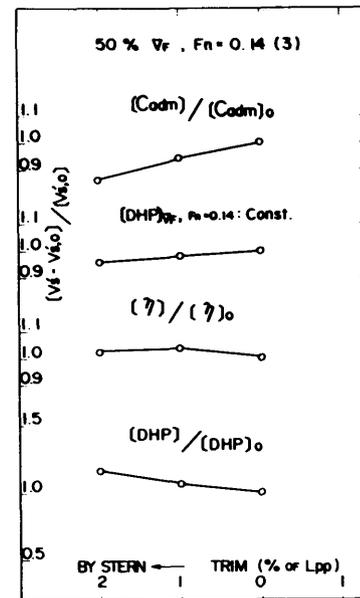
Fig. 8 Effect of trim on propulsive performance for 50% ∇_F load condition (model A)



a



b



c

Fig. 9 Effect of trim on propulsive performance for 50% ∇_F load condition (model B)

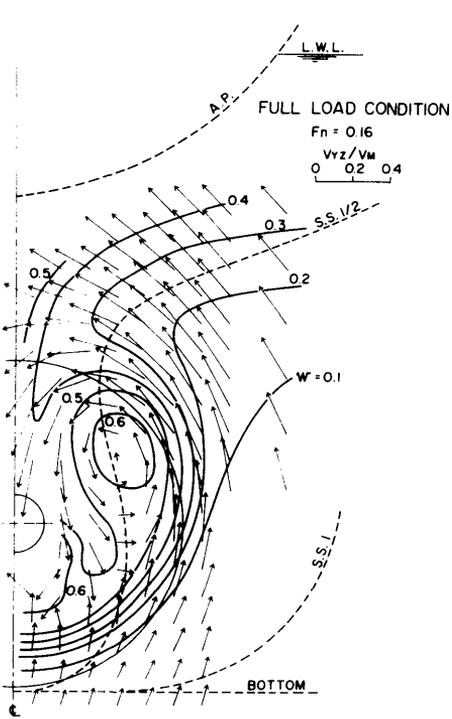


Fig. 10 a Wake distribution (model A)

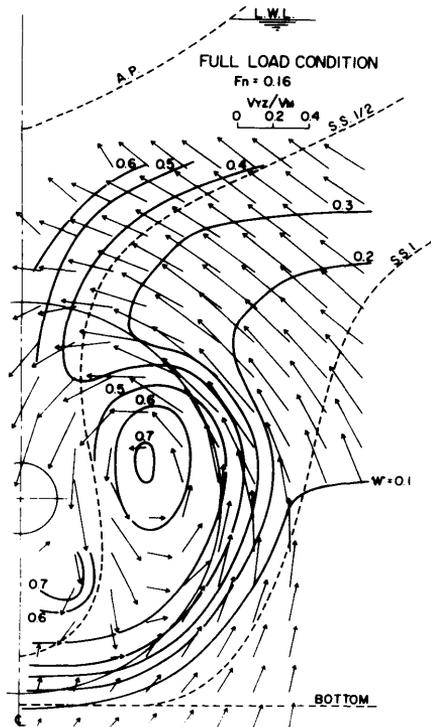


Fig. 10 b Wake distribution (model B)