

(3) 推進性能の推移

本コーナーでは、当センターの水槽試験データベースを使用して水槽試験精度の推移、エネルギー効率について紹介しましたが、本号では同じデータを使用して、当センターが業務を開始した1968年以降の約40年間の推進性能の推移について紹介します。

よく出る質問として「過去、莫大な数の水槽試験をしてきたはずなのに、まだ水槽試験は必要な?」と「過去、莫大な数の水槽試験をしてきて、船型は良くなっているの?」がありますが、端的に答えるのが難しい質問です。前者については別の機会に譲ることとして、今回は後者の質問に対する回答に努めます。

40年前と現在では船型が大きく変わっています。多くの船種では大型化が進みました。最近の大型コンテナ船の推進性能を40年前と比べることはできません。本号では、船種を問わず、船の主要寸法比の異なる5船型について推進性能の推移を紹介します。

当センターが1968~2007年に実施した水槽試験結果を用いて回帰式を作成しました。回帰分析に使用したデータは

試験水槽を有しない国内の造船会社からの依頼で実施した大型船舶のものがほとんどで、全体的推移ではなく、かなりのフィルターの掛かった回答になっている可能性があります。また、対応実船の無い研究開発のための水槽試験結果も使用しました。

図-1は、横軸が船の方形係数、縦軸が長さ/幅比です。■印は調査した5船型です。船の幅/喫水比は、5船型すべて $B/d=3.0$ としました。長さ/幅比も異なっていますが、5船型の呼称は方形係数を用いてCB55等としました。バックの○印は回帰式作成に使用したデータ(すべての幅/喫水比)です。1軸船以外に、多軸船の裸殻状態のデータも使用しました。舵とビルジキール以外の推進性能に有意な影響を及ぼす付加物を有する船型のデータは除外しました。

回帰式の説明変数には、船型要素以外に水槽試験実施時期も加えました。船型要素としては、船の長さ、幅、喫水、排水量から求まる主要寸法比のみとし (SRC News No.80 SRC資料室 (1))

で紹介したレベル1)、それ以外の長さ方向排水量分布、フレームライン形状等の詳細要素は使用していません。図-2に示すように、これら詳細要素の推移を水槽試験実施時期に押し込めるためです。目的変数は、形状影響係数、造波抵抗係数、自航要素(船後プロペラ効率比、スラスト減少係数、有効伴流係数)の性能要素です。得られた回帰式を用いて、船の長さ/幅比等の主要寸法比を固定して、水槽試験実施時期を変えて推進性能を推定すると、それが当該性能要素の推移、という訳です。ただし、これには押し込められた船型の詳細要素以外に、計測装置や水槽試験法の進歩の影響も含まれています。これらを分離することは不可能ですが、当センターではこれらの変更の際には、データの連続性に

表-1 40年間の平均変化[%/年]

	r_{TS}	η_R	$1-t$	$1-w_{TS}$	p'
CB55	-0.10	0.01	0.26	0.22	-0.32
CB60	-0.17	0.02	0.25	0.29	-0.38
CB70	-0.23	0.04	0.23	0.45	-0.44
CB80	-0.18	0.02	0.22	0.70	-0.50
CB85	-0.17	0.01	0.25	0.80	-0.69

$$(性能) = f(\text{船型要素(主寸法、詳細)、水槽試験法等})$$

$$= f_1(\text{船型主寸法}) + f_2(\text{水槽試験実施時期}) \quad \text{回帰式}$$

図-2 回帰式の構成

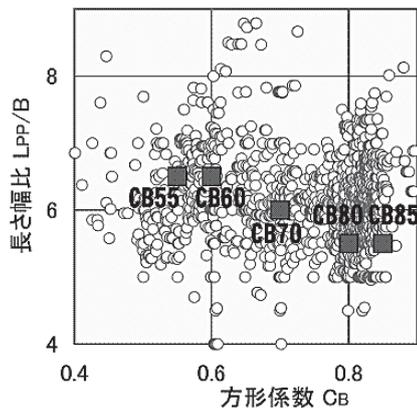


図-1 5船型の位置

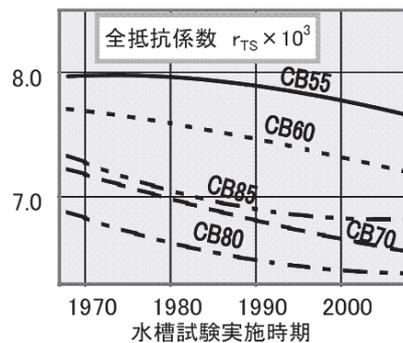
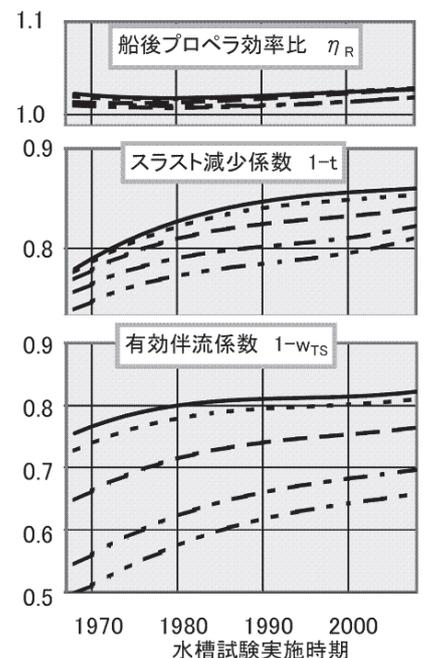


図-3 推進性能の推移 $F_n = \text{MAX}(0.55 - 0.5C_B, 0.15)$



は最大限の努力を払ってきていますので、その影響は小さいものと考えられます。

推進性能の推定計算結果を図-3に示します。長さ200mの船の満載状態の性能です。△C_F、伴流係数の実船換算は当センターの標準です。これは、計算の経緯から、長さ方向排水量分布等の詳細要素の影響を無視した、または、平均した場合の性能です。

図-4にはCB80船型に近い主要寸法比を有する個々の船舶の水槽試験結果（自航要素）を示します。また、表-1にはこの40年間の年当り平均変化率を示します。

この40年間、船の抵抗は減少しました。年当り0.2%弱で40年間では7%の減少です。そのほとんどは造波抵抗の減少でした。

船後プロペラ効率比はほとんど変わりがありませんでした。これは、計測装置変更の影響が小さいことを示していると考えられます。

スラスト減少係数は増加しました。年当り0.2%強で40年間では10%の向上です。

有効伴流係数は増加しました。方形係数が大きい船型での増加率が大きくなっています。CB55船型で年当り0.22%で40年間では9%の増加、CB85船型で年当り0.80%で40年間では32%の増加です。この増加は推進性能上からは

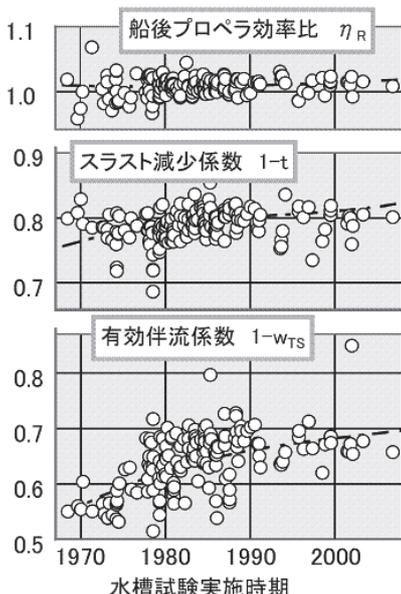


図-4 個々の船型の自航要素 CB80の例

好ましくありませんが、その多くの部分はプロペラ効率の向上によって補償されますので、その影響は見掛けほどではありません。特にCB85船型のような肥えた船型では有効伴流係数増加のほとんどがプロペラ効率の向上によって補われます。

ほとんどの場合、変化率が少しずつ小さくなって来ています。

さらに、図-4中の一点鎖線は図-3中のそれと同じ線で、CB80船型について、船型の詳細要素の影響を無視した、または平均した推進性能です。他方、図-4中の○印はCB80に近い主要寸法比を有する個々の船型の推進性能です。平均的性能のこの40年間の推移に比べて、その時代々々の個々の船型の性能差が同程度またはそれ以上となっています。

最後に、図-5に馬力係数の推移を示します。馬力係数p'は

$$p' = (2\pi nQ) / \rho \nabla^{2/3} v^3$$

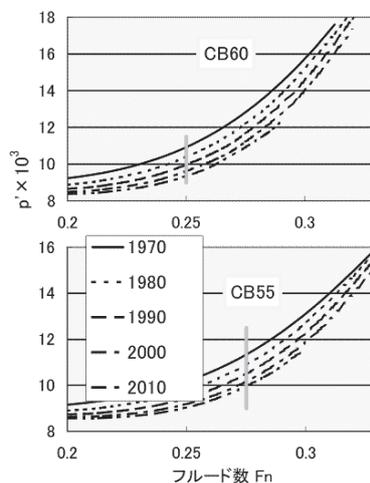
ここに、2πnQ 伝達馬力

▽ 船の排水容積

v 船速

で定義される無次元係数で、よく使用されるアドミラルティ常数C_{ADM}とはp' = 5.36/C_{ADM}の関係があり、馬力係数の小さい船型が推進性能の良い船型です。

これは、図-3に示した性能要素を用いて計算しました。2010年の馬力係数は外挿値です。プロペラ性能向上の影響を除外し、主船体の形状のみによる推移をみるため、プロペラ単独効率は、単純にプロペラ荷重度から求めました。ただし、プロペラ荷重度の計算では、プロペ



ラ直径の推移は考慮しました。表-1には馬力係数p'の変化率も示します。

馬力係数は、この間、いずれの船型でも減少していますが、方形係数が小さい船型での減少率は小さく、CB55船型で年当り0.32%で40年間では13%、方形係数が大きい船型での減少率は大きく、CB85船型で年当り0.69%で40年間では28%の減少です。CB50, CB60の痩せ型船型では、計画速力付近に比べて、低速域、高速域の減少が小さくなっています。肥大船型の低速域の減少率も小さくなっています。

40年間でかなりの馬力減少となっていますが、年当りの減少率は徐々に小さくなってきています。これは、推進性能向上が頭打ちになってきている、ということですので、近年盛んになっている船体や舵への付加物開発や船体表面の摩擦抵抗を小さくする努力のみならず、主船体の三次元形状の改良による性能向上にも、より一層の努力が必要です。

以上、この40年間の推進性能の推移を紹介しましたが、性能向上の原因は、この間の船型改良です。船型と性能を直接関連付けることは難しいのですが、この間の船型の推移については次回に紹介する予定です。

(技術顧問 佐藤和範)

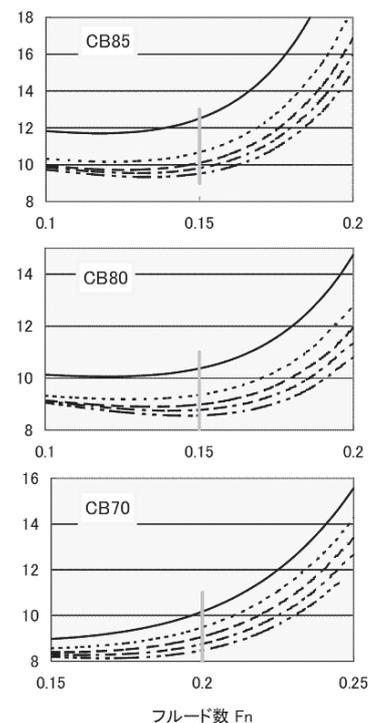


図-5 馬力係数の推移