

## (5) 船の主寸法比と馬力係数

本号では船の主寸法比を変えた場合の馬力係数の変化について紹介します。

### 1. 馬力係数の計算

図-1は、船の長さ／幅比が $L_{PP}/B = 6.0$ 、幅／喫水比が $B/d = 3.0$ 、方形係数が $C_B = 0.60, 0.80$ の場合の推進性能です（以下、総て計画満載喫水における性能）。これは、日本造船技術センターで実施した水槽試験結果から求めた形状影響係数、造波抵抗係数、自航要素に関する回帰式により計算しました。回帰式の船型に関する説明変数は、船の長さ、幅、喫水、排水量を組み合わせた係数（レベル1、SRC News No.80のP11参照）としました。より高レベルな船型要素の影響は考慮していませんので、長さ／幅比、幅／喫水比、方形係数が与えられた場合の平均的・標準的な性能ということが出来ます。

左側の図は造波抵抗係数 $r_w$ 、全抵抗係数 $r_{TS}$ 、馬力係数 $p'$ で、次式で定義されます。

$$r_w = R_w / \rho \nabla^{2/3} v^2$$

$$r_{TS} = R_{TS} / \rho \nabla^{2/3} v^2$$

$$= v R_{TS} / \rho \nabla^{2/3} v^3$$

$$p' = P / \rho \nabla^{2/3} v^3$$

$R_w$  造波抵抗  
 $R_{TS}$  全抵抗  
 $P$  伝達馬力  
 $\rho$  水の密度  
 $\nabla$  排水容積  
 $v$  船速

全抵抗係数は造波抵抗係数と形状影響係数から求めることが出来ます。回帰式により求めた形状影響係数の例を図-2に示します。

馬力係数 $p'$ は、推進係数 $\eta$ から

$$p' = r_{TS} / \eta$$

$$\eta = \eta_R (1-t) \eta_0 / (1-W_{TS})$$

$\eta_R$  船後プロペラ効率比  
 $1-t$  スラスト減少係数  
 $\eta_0$  プロペラ単独効率  
 $1-W_{TS}$  有効伴流係数

で求め、よく使用されるアドミラル常数 $C_{ADM}$ とは $p' = 5.36/C_{ADM}$ の関係があります。自航要素（ $\eta_R, 1-t, 1-W_{TS}$ ）は回帰式で求めましたが、その例を図-1の右側に示してあります。プロペラ単独効率は全抵抗係数と自航要素から求めたプロペラ荷重度によって決まる効率を使用しました（図-3参照）。

### 2. 主寸法比を変えた場合の馬力係数

図-4に船の長さ／幅比、幅／喫水比、方形係数を変えた場合の馬力係数の例を示します。長さ／幅比、幅／喫水比を変えた場合は、方形係数が $C_B = 0.60, 0.80$ の二つの例を示します。

計算に用いた回帰式を作成するために使用したデータの主寸法比（計画満載喫水）の分布を図-5に□印で示しますが、図-4における長さ／幅比等の範囲はこの分布に基づいて決めました（○印）。

幅／喫水比と方形係数が共に小さい領域にはデータがあまりありません。長さ／幅比が $L_{PP}/B = 5.6 \sim 6.4$ 、幅／喫水比が $B/d < 2.75$ 、方形係数が $C_B > 0.8$ の領域のデータが多くなっています。また、総じて $C_B > 0.8$ のデータが多くなっています。これらには、日本で建造されてきた船種の特徴が反映されています。

図-4の上段の図をみると、長さ／幅比が馬力係数に及ぼす影響は小さいことが分かります。ただし、このことは、長さ／幅比を変えても所要馬力や経済性が変わらない、ということの意味しません。船の長さと同じにして、また図に示したように幅／喫水比も同じにして、

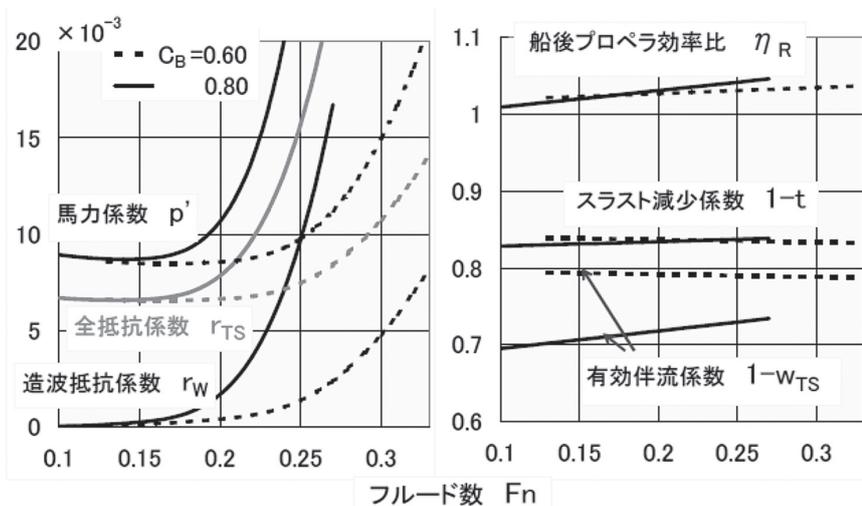


図-1  $L_{PP}/B = 6.0$   $B/d = 3.0$   $C_B = 0.60, 0.80$ の船型の推進性能 ( $L_{PP} = 200m$ )

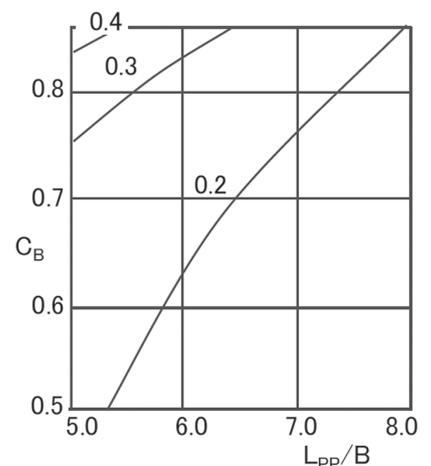


図-2 形状影響係数 $K$  ( $B/d = 3.0$ )

長さ／幅比 $L_{PP}/B$ を変えた場合、船の排水量 $\Delta$ は $L_{PP}/B$ の二乗に逆比例します。他方、馬力係数 $p'$ の違いは小さいので所要馬力 $P$ は馬力係数の分母の $\nabla^{2/3}$ に比例します。結局、排水量当りの所用馬力は $L_{PP}/B$ の $2/3$ 乗に比例します。

$$\Delta \propto (L_{PP}/B)^{-2}$$

$$P \propto \Delta^{2/3} \propto (L_{PP}/B)^{-4/3}$$

$$\therefore P / \Delta \propto (L_{PP}/B)^{2/3}$$

中段の図をみると、幅／喫水比を大きくすると馬力係数が大きくなるのが分かります。 $C_B = 0.60$ の痩せ型船型の場合には、上下に平行移動したような形で変化していますが、 $C_B = 0.80$ の肥大船型の場合には、中高速領域での増大が顕著になっています。

下段の図をみると、方形係数を大きくすると馬力係数が大きくなるのが分かります。ただし、この大きくなる度合いはフルード数によって異なります。たとえば、フルード数が $Fn < 0.15$ の低速領域では、方形係数が馬力係数に及ぼす影響はほとんどありませんが、馬力係数が大きくなり始めるフルード数が方形係数を大きくするに伴い低速側に移動しますので、より高速の領域では方形係数の大きい肥大船型の馬力係数が顕著に大きくなり、経済性が劣化します。

今回は、図-1の右図に例を示した自航要素について、主寸法比の影響を紹介します。

(技術顧問 佐藤和範)

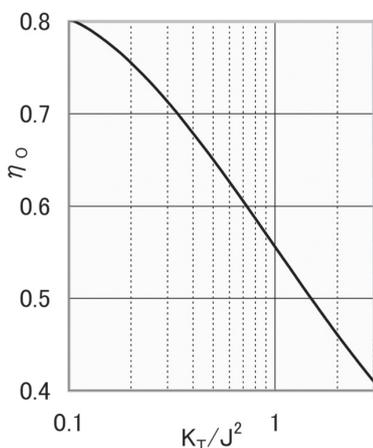


図-3 プロペラ単独効率 ( $a_e/Z = 0.1$ )

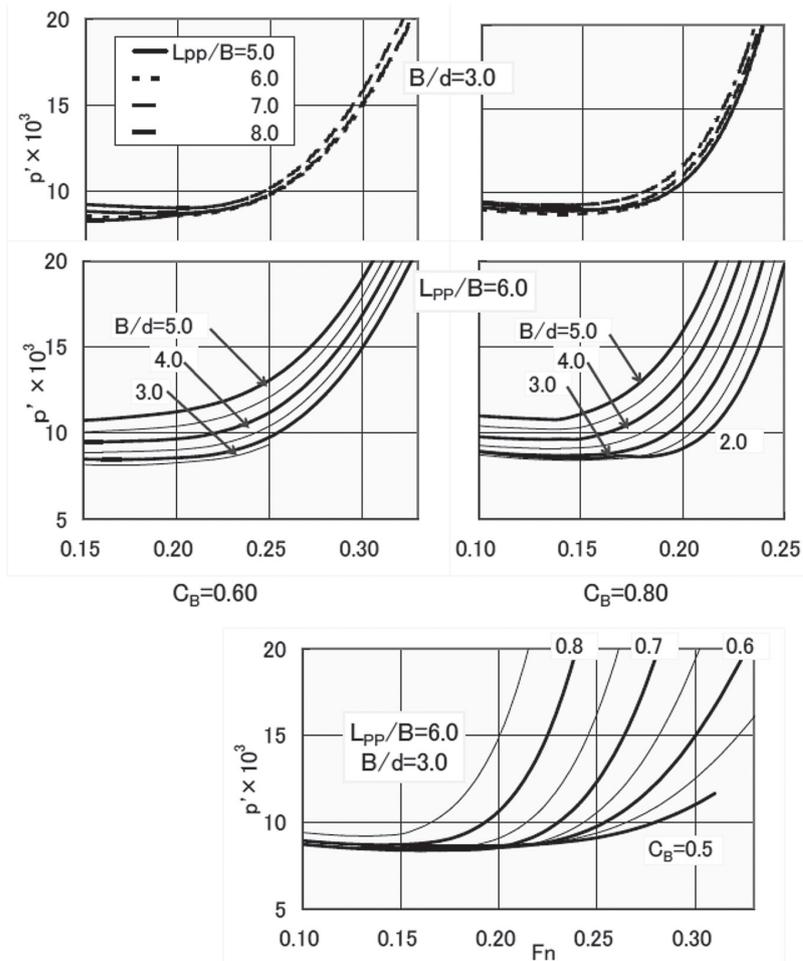


図-4 主寸法比を変えたときの馬力係数 ( $L_{PP} = 200m$ )

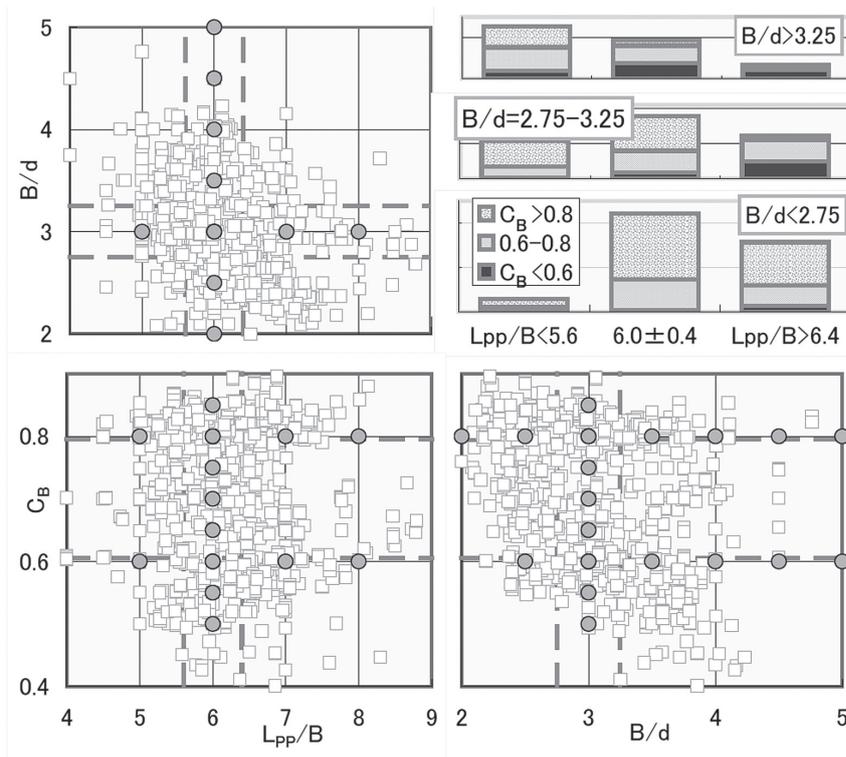


図-5 回帰式作成に使用した船型の主寸法比の分布