

(1) 水槽試験法の変遷と水槽試験結果

(財)日本造船技術センターが、旧運輸省船舶技術研究所の後を受けて目白水槽で水槽試験業務を開始した1968年から、約40年に渡って実施してきた水槽試験結果について、数年前よりデータの整理・データベース化を進めてきましたが、当センターの守秘義務の範囲内においてその内容をお知らせし、皆様の参考に供したいと思っております。

本号では、当センターが実施してきた水槽試験の試験精度の推移を示すため、水槽試験で得られた推進性能要素

- ・ 形状影響係数
- ・ 造波抵抗係数
- ・ 船後プロペラ効率比
- ・ スラスト減少係数
- ・ 有効伴流係数

の回帰推定式を求め、その残差の推移を紹介いたします。

回帰分析に使用した船型は、データベースから

- ・ 単胴一軸船
- ・ 船の長さ ; 50m以上
- ・ 模型船長さ ; 5m以上
- ・ フィン等特殊な付加物やフラップ舵等特殊舵を有しない
- ・ ダクトプロペラ、ポッド型推進機等の特殊推進装置装備船を除く
- ・ 上記推進性能要素が揃っている

という条件で選定しましたが、1685隻で、載貨状態数は4416となりました。これはデータベース全体の45%程度に当たります。

回帰式は、上記の各推進性能要素を目的変数とし、船の長さ幅比等の船型要素を説明変数とする線形回帰式です。得られた回帰推定式の残差の標準偏差の推移を図-1の(1)～(5)に示します。これらは、平滑化のため、±1.5年間の移動平均の手法で求めました(注1)。図中のレベル1～5の折れ線が回帰式の残差の標準偏差です。図-1の左上の表に示すように、レベル1は、回帰式の説明変数を、船の長さ、幅、喫水、排水量等のみから得られるパラメータとした場合です。レベルが高くなるに伴い、より詳細な船型要素を追加し、レベル5での船型要素は船の長さ幅比からフレームライン等まで含みます。

回帰式の残差は、

- ・ 回帰式の不十分さ
- ・ 回帰式作成に使用したデータの実験誤差

によって生じます。レベル1～4では、フレームライン形状等を考慮していませんので、その影響も残差となります。レベル5でも、推進性能に影響する船型要素総てを取り入れることはできませんし、船型要素の一次結合だけで推進性能

を表せる訳でもありません。図の(1)～(5)に示した残差から実験誤差を分離する必要がありますが、それは不可能で、レベル1⇒2、...⇒5の変化から、十全ではあるが架空のレベル、いわばレベル6を空想して判断するしかありません。

また、図中のレベル0(太い破線)とは、回帰式ではなく各性能要素そのものの標準偏差です。これは、言わば、平均値を推定値とした場合の残差の標準偏差ですから、レベル0と名付けました。

図中には、(6)この40年間の水槽試験法の主な変遷、(7)回帰式作成に使用した船型の方形係数の構成比率の推移も示してあります。図の(1)～(5)と(6)、(7)とを見比べることによってその関連を見出そうという訳です。

図-1の(1)～(5)のレベル5の場合の残差の推移をみると、当センター稼働開始から1980年代半ばまでの約20年間、残差(実験誤差?)は直線的に減

表-1 残差の標準偏差(レベル5)

性能要素	1968-1972の 平均値	1985-2007の 平均値	比
形状影響係数	0.034	0.021	0.62
造波抵抗係数	0.36	0.29	0.81
船後プロペラ効率比	0.021	0.009	0.45
スラスト減少係数	0.023	0.013	0.56
有効伴流係数	0.014	0.012	0.83

注1 残差の標準偏差の算出手順

図-1(1)形状影響係数の太い実線(レベル5)を例に残差の標準偏差の算出手順を示します。図-2は回帰式(レベル5)による推定値と回帰式作成に使用した実験結果との比較で、4416個の○印があります。図-3の○印は図-2の縦軸と横軸の差=残差で、横軸は各データの試験実施時期です。本図に例示するように、1980年における残差の標準偏差とは、1980±1.5年の3カ年間の残差の標準偏差▲(マイナス側にも置点してあります)です。他の年においても同じ手順で求めたものが△印で、これらを折れ線で結んだものが図-1(1)の太実線です。

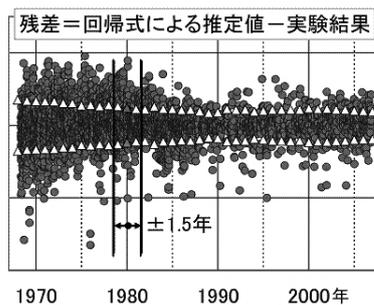


図-3 残差の推移

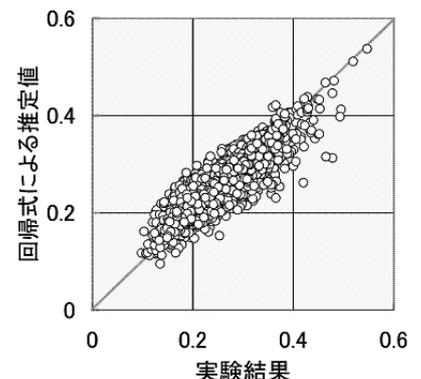


図-2 形状影響係数(レベル5)

少ししました。その後、現在までの後半約20年間はほぼ一定値です。

稼働開始当時の1968～1972年の残差と1985～2007年の残差を図から読み取り、その比を表1に示します。残差減少は船後プロペラ効率比で大きく、稼働開始当時の45%にも減少しました。これは、図-1(6)に示した天秤式動力計(トルクを作動歯車の反力で計測)から歪ゲージ型動力計への変更のみならず、動力計較正のルーチン化やプロペラ軸系(ユニバーサルジョイント、プロペラ滑り軸受け)の不断の改良によるプロペラトルク計測精度向上の結果です。スラスト減少係数の残差も半分近くへ減少しました。これは、自航試験法のプー

リー方式から模型船固縛方式への変更、計測の自動制御(個人差の排除)からの寄与が大きいものと考えられます。

形状影響係数の残差は4割程度、造波抵抗係数や有効伴流係数の残差は2割程度減少しました。

図-1で気が付くのは、ある特定の計測装置なり試験法に切り替わった時点で残差がステップ的に減少する、というようにはなっていないことです。1980年代半ばまで、試験法・計測法に様々な変化がありましたが、残差は直線的になだらかに減少しています。図の(1)～(5)が±1.5年間の移動平均であることにもよると思いますが、個々の計測装置導入や試験法切替だけではなく、それらを使

いこなす日常不断の努力や熟練をも併せた総合力が残差を減少させてきたものと考えられます。

(7)の方形係数の構成比率との相関は認められません。

図-1(6)に示すように抵抗試験、自航試験関係の主な変更は1980年代に終わり、現在まで続いています。後半の約20年間は、良く言えば安定期、悪く言えば停滞期です。現在の残差が総て「回帰式の不十分さ」に起因するとは考えられません。将来、残差(実験誤差)が減少するか否かは、今後の努力にかかっています。

(技監 佐藤和範)

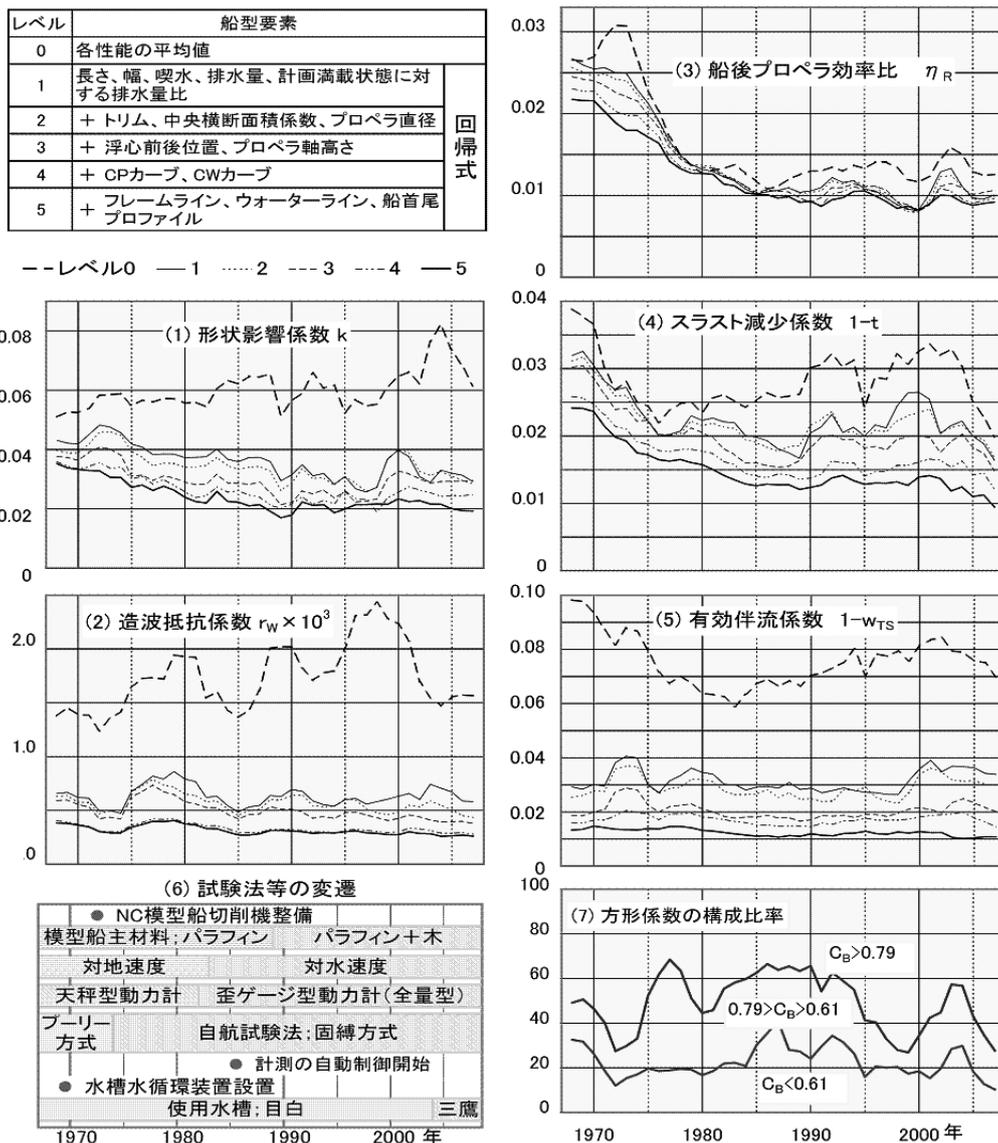


図-1 回帰式の残差の標準偏差等の推移