

# ユーザマニュアル

# MAXSURF Resistance

© Bentley Systems, Incorporated 2017

日本語版:株式会社 フォーラムエイト

# ライセンスと著作権

---

MAXSURF Resistance Program & User Manual  
© 2017 Bentley Systems, Incorporated

# 目次

---

ライセンスと著作権 .....	iv
目次 .....	v
このマニュアルについて .....	1
第1章 はじめに .....	3
座標系 .....	4
MAXSURF Modeler .....	4
抵抗計算の原理 .....	5
データの入力 .....	6
予測方法 .....	7
滑走艇のための方法 .....	7
排水量型船のための方法 .....	8
セーリングヨットに使われる方法 .....	9
解析的方法 .....	9
ハルパラメータの検証 .....	10
第2章 MAXSURF Resistance を使う .....	11
始める前に .....	12
デザインからハルを測定 .....	13
データファイルを開く .....	14
データを入力 .....	15
抵抗値を計算 .....	19
抵抗予測法の選択 .....	19
風と付属物抵抗 .....	20
データの確認 .....	21
スピード範囲の指定 .....	21
結果の表示 .....	21
細長体法の使用 .....	24
モデルの確認 .....	24
細長体抵抗の計算 .....	24
細長体の解析幾何学 .....	25
形状要因の計算 .....	32
フリーサーフェス波パターンの計算 .....	33
MAXSURF Resistance での力予測 .....	39
第3章 MAXSURF Resistance リファレンス .....	41
ウィンドウ .....	42
ツールバー .....	43
メニュー .....	45
File メニュー .....	45
Edit メニュー .....	46
View メニュー .....	47
Analysis メニュー .....	48
Display メニュー .....	49
Data メニュー .....	50
Windows メニュー .....	50
Help メニュー .....	51
第4章 技術的リファレンス .....	53
用語解説 .....	54
参考文献 .....	58
付録 A -デモンストレーション版 .....	61
付録 B - 適用範囲 .....	63

付録 C - 細長体法.....	67
索引.....	73

# このマニュアルについて

---

本マニュアルは設計されハルの抵抗を予測するために使われる MAXSURF Resistance を解説します。マニュアルは4つのチャプターから構成されています。

## [第1章 はじめに](#)

MAXSURF Resistance とその抵抗予測アルゴリズムを解説します。

## [第2章 MAXSURF Resistance を使う](#)

MAXSURF Resistance の解析手順を説明します。

## [第3章 MAXSURF Resistance リファレンス](#)

MAXSURF Resistance の各メニューコマンドの詳細です。

## [第4章 技術的リファレンス](#)

MAXSURF Resistance で使用する略語と用語のリストと参考文献を紹介します。

MAXSURF Resistance のデモ版をお使いのユーザーは[付録 A -デモンストレーション版](#)を参照してデモ版の制限を確認ください。



# 第1章 はじめに

---

MAXSURF Resistance は船舶のハル抵抗を予測します。MAXSURF デザインを読み込むと自動的に必要なパラメータが計測されますが、MAXSURF デザインファイルがなくとも、パラメータを手動でタイプ入力することもできます。もし推進器の全体効率がわかっている場合、もしくは予測できる場合、デザインに必要なパワーが計算されます。

解析のために選ばれた抵抗予測アルゴリズムに必要なデータが与えられると、MAXSURF Resistance は速度の範囲でハル抵抗を計算し、グラフィックか表の形で結果を与えます。これらの結果は、更なる解析やフォーマット化するために、スプレッドシートまたはワープロへコピーできます。

MAXSURF Resistance は、単胴船から双胴船まで、広範囲に抵抗予測をサポートします。

ハルの抵抗を予測するために多くの異なる手法があります。MAXSURF Resistance は複数の異なる抵抗予測アルゴリズムを実行し、各アルゴリズムはハル形状の異なるグループに対して適用されます。例えば、いくつかのアルゴリズムは滑走型船型の抵抗予測に適し、またあるアルゴリズムはセーリングボートの抵抗予測に適しています。

抵抗予測計算のほかに、MAXSURF Resistance は所定スピードで船舶から発生した波パターン計算に使うこともできます。

ここで注意しなければならないのは、抵抗予測は厳密に科学的なものではなく、ハルの抵抗予測をするのに有効である一方、明確な結果を示すものではないということです。

## 座標系

---

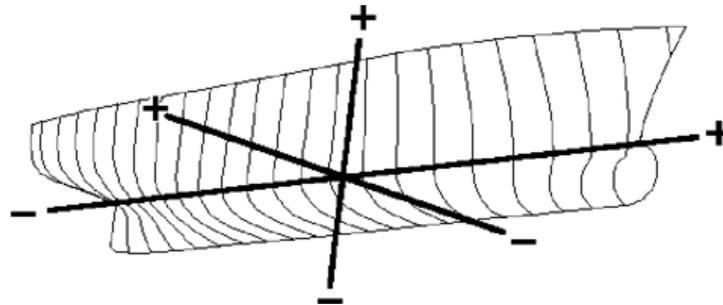
全てのモジュール：船尾から見た正面図（画面右側にある船舶のスターボード側）

Stabilityを除く全てのモジュール：船底から見た平面図（画面上半分にある船舶のスターボード側）；Stabilityは頭上から見た平面図（画面下半分にある船舶のスターボード側）

全てのモジュール：スターボード側から見たプロファイルビュー（画面右側にある船首）

## MAXSURF Modeler

---



長手方向:        +ve 前                    -ve 後  
横方向:            +ve スターボード        -ve ポート  
縦方向:            +ve 上                    -ve 下  
ゼロポイントはモデル内のどの位置でも定義できます。

## 抵抗計算の原理

---

MAXSURF Resistance は基本的に抵抗予測プログラムです。数多くの回帰解析法と一つの解析法は、ハルフォームの抵抗予測に使われることができます。

通常の造船学は、異なる法則に従って抵抗力を各要素に細分化します。MAXSURF Resistance は係数の形で抵抗要素を計算することができます。しかし、異なる方法では異なる公式を使っていますから、全ての抵抗要素が全部利用できるとは限りません。

抵抗力の合計は通常、Froude 数依存の要素－波抵抗（残余抵抗）とレイノルズ数依存の要素－粘着性抵抗（摩擦抵抗）に細分化されます。

括弧でくくられた名前は一つの代替的な細分化です：

$$\text{合計抵抗力} = \text{波} + \text{粘着性} = \text{残余} + \text{摩擦}$$

典型的に摩擦抵抗力は、ITTC'57 の船モデル相互関係ライン、或いはいくつかの似たような公式を使って予測されます。

粘着性の抵抗が摩擦抵抗に用いられたフォーム効果を含みます：

$$\text{粘着性の抵抗} = (1+k) \text{ 摩擦抵抗}$$

(1+k) はフォーム要因

可能な場合で、MAXSURF Resistance は抵抗のすべての要素を計算し、そして、これらは計画され、或いは別に表にされるかもしれません。

ある場合には、回帰法はフォーム要素なしで残余抵抗力を予測します。これらの場合、波抵抗力の計算はできません。

## データの入力

---

MAXSURF Resistance にレジスタンスアルゴリズムに使われる入力データを指定する 2 つの方法があります。

- 手動で入力データを指定\*
- **MAXSURF** デザインから入力データを読み込み、自動的にサーフェス形状を測定

2 つの組み合わせも可能：読み込み、MAXSURF デザインファイルを測定、そして測定したデータを手動で優先します。いずれにしても、entrance、deadrise、chine タイプなどの角の半分の自動測定をチェックすることは常に望ましいです、これらは MAXSURF Resistance にとって自動的に判断することが難しいです。

測定した寸法は、MAXSURF デザインのサーフェスに追加される外板厚を考慮します。控除した厚さは適応されません。

\*=細長体法のために、MAXSURF サーフェス上のメッシュは、抵抗の計算に使われません。これは浸水サーフェスエリア以外、手動でデータを入力することや編集することができないことを意味します。

## 予測方法

MAXSURF Resistance はハル抵抗の予測のための異なるアルゴリズムを持ちます。これらはハルのタイプによっていくつかのグループに分けられます。

- [滑走艇のための方法](#)
- [排水量型船のための方法](#)
- [セーリングヨットに使われる方法](#)
- [解析的方法](#)

個々のデザインに適用される方法については[付録 B-適用範囲](#)を参照してください。

## 滑走艇のための方法

### Savitsky (滑走前)

このアルゴリズムは滑走型ハルが“滑走状態”に入る前の抵抗予測に適しています。

### Savitsky (滑走)

滑走型ハルの船舶が滑走状態にあるときのハル抵抗の予測を行います。

### Blount and Fox (滑走)

滑走型ハルの船舶が滑走状態にあるときのハル抵抗の予測を行います。アルゴリズムは“スピードハンブ”でのアルゴリズムへの改良が施された Savitsky 滑走法に基づいています。この手法は、後部船体で船体勾配角が変化する船体や後部船体でビーム幅が変化する船体（つまり柱状ではない）にとって Savitsky 滑走法よりも優れていると考えられています。

### Lahtiharju

滑走型ハルの船舶が滑走状態にあるときのハル抵抗の予測を行います。

### Wyman

滑走モードと排水量モードの両方でハル形状の抵抗力の計算に使用する普遍的定式化です。Engine Power の Wyman の結果で設定されるオリジナルの方法で計算されます。そのため、ハル抵抗を正確に予測する MAXSURF Resistance では全体効率が「効率」ダイアログで追加されます。全体効率はエンジン(ブレーキパワー)と有効電力(ハル抵抗)で開発した力の間の損失で成り立っています。

2008年6月発行“The Masthead”

[http://www.westlawn.edu/news/WestlawnMasthead06\\_June08.pdf](http://www.westlawn.edu/news/WestlawnMasthead06_June08.pdf):

Wyman 法はハルが正確な方法であり、使用目的のための標準型であると仮定します。これは長手方向重心と浮力とプラズマティック係数の適切な範囲での適切な配置を含みます。方法はまた running ギア（プロペラ、減速ギア、シャフト、支柱、舵）はおそらくサイジングされ、ベストパフォーマンスに一致することを仮定します。多くのハルの一般的な変異と推進パッケージがありますが、次の調整により、更に詳しい結果に使用することが可能となります。:

円形ビルジ滑走ハル(SL率 2.9 以上):	速度 6%減少
Deep vee planing hulls(deadrise midships aft >19 度):	速度 3%減少
低船底勾配の滑走ハル(船底勾配船体中央船尾 < 8 度):	速度 4%増加
アウトボードと船尾ドライブボード:	速度 5%増加

排水量フルキールヨット: 速度 2%減少  
SL=速度長さ ratio=速度/sqrt(LWL)、ここでは速度の単位はノットで ft では LWL です。

これらの効果は単一デザインに追加できます。

上記基準のどれも設計と実行に適応するかどうかを決定することが MAXSURF Resistance をご使用の方に委ねられています。

## 排水量型船のための方法

---

### Wyman

---

Wyman 法は排水量型に適用可能です。

### Holtrop

---

このアルゴリズムはタンカー、一般貨物船、漁船、タグボート、コンテナ船、フリゲート艦等の抵抗予測を行うものです。

### Compton

---

このアルゴリズムは一般的な沿岸パトロール艇、レクリエーションパワーボートでトランサムを持ち排水量もしくは準排水量の速度域で航行するものの抵抗値予測を行います。

### Fung

---

このアルゴリズムはトランサムを持った排水量型船（通常は Compton よりも大型の船舶）の抵抗予測を行います。解析は Fung と Leibman (1995) による David Taylor 模型試験水槽で行われた 739 モデル、10,000 データポイントの結果に基づいています。

### van Oortmerssen

---

トロール船やタグボートなどの小型船の抵抗予測に適しています。

### Series 60

---

シングルスクリュアの貨物船の抵抗予測に使われます。

### Korean Register of Shipping (KR) 舢

---

このメソッドは Korean Register of Shipping によって 2010 年に発行された、「Rules for the Towing Survey of Barges and Tugboats (舢やタグボートの引船のためのルール)」における抵抗予測アルゴリズムに基づいており、排水量型モードにおける箱型の船舶（例：舢）の操作に適しています。

**メモ**

空気抵抗パラメータが入力テーブルに追加されている場合、KR 空気抵抗方式ではなく、アプリケーションの空気抵抗の計算方式が使われます。If air resistance parameters are added in the input table, the applications air resistance calculation method is used NOT the KR air resistance method.

## セーリングヨットに使われる方法

---

### **Delft Series I, II and III**

Gerritsma 他 (1991) もしくは Gerritsma 他 (1992) に基づいたセーリングヨットの抵抗予測法

## 解析的方法

---

### **Slender body method (細長体法)**

Tuck 他 (1999) と Couser 他 (1996) に基づく細長体法が MAXSURF Resistance に用意されています。この理論は左右対称の単胴船の造波抵抗を計算する Michell(1898) に基づいた手法を使っています。

この理論は双胴船を含めて、たくさんの異なるハル形状に応用することができます。しかし、個別のハルは細くて\*、それぞれのセンターラインに対称であるはずですが。速度範囲の適用性を制限するため、細長体法に平面応力は考慮しません。一般に、よい結果は、通常の Froude 数で動いている広範囲にわたる単胴船と多胴船のハルから得られます。

この理論は、波パターン抵抗構成要素だけを予測します。合計の抵抗力を計算するため、MAXSURF Resistance は ITTC'57 摩擦係数と形状要因を使って、粘着性抵抗構成要素を計算し、加えます。

ページ 26、細長体法の使用を見てください。

\*=長さに対してビームが狭いということ

## ハルパラメータの検証

MAXSURF Resistance は入力されたデータが選択された方法に対して有効な範囲内にあるかどうかのチェックを行います。もし値に問題がなければ、その値は黒で表示され、値が低すぎる場合、(low) の表記と共に赤で表示され、高すぎる場合は (high) の表記と共にオレンジ色で表示されます。

		Value	Units	Savitsky pre-planing
1	LWL	21.429	m	21.429
2	Beam	5.636	m	5.636
3	Draft	1.215	m	--
4	Displaced volume	68.726	m <sup>3</sup>	68.726
5	Wetted area	117.181	m <sup>2</sup>	117.181
6	Prismatic coeff.	0.757		--
7	Waterplane area coef	0.801		--
8	1/2 angle of entrance	20.14	deg.	20.14
9	LCG from midships(+v)	-2.155	m	--
10	Transom area	4.235	m <sup>2</sup>	4.235 (high)
11	Transom wl beam	5.636	m	--
12	Transom draft	1.215	m	--
13	Max sectional area	4.235	m <sup>2</sup>	4.235 (low)
14	Bulb transverse area	0.014	m <sup>2</sup>	--
15	Bulb height from keel	0	m	--
16	Draft at FP	1.215	m	--
17	Deadrise at 50% LWL	24.51	deg.	--
18	Hard chine or Round b	Round bil		--
19				
20	Frontal Area	0	m <sup>2</sup>	
21	Headwind	0	kts	
22	Drag Coefficient	0		
23	Air density	0.001	tonne	
24	Appendage Area	0	m <sup>2</sup>	
25	Nominal App. length	0	m	
26	Appendage Factor	1		
27				
28	Correlation allow.	0.00040		
29	Kinematic viscosity	0.000001	m <sup>2</sup> /s	
30	Water Density	1.026	tonne	

MAXSURF Resistance はデータが適用範囲外にあっても、ハル抵抗の計算を行います。しかし、その結果の扱いには注意して下さい。予測法の精度はパラメータが有効範囲の外にある場合、悪い影響を受けるからです。

デッドライズのように、正確に計測値を決めることが難しいパラメータがあるので、計測値表を見直すことをお勧めします（詳細は以下を参照）。

- 侵入角度の 1/2
- 球状船首の横断面積
- キールからの球状船首の高さ
- LWL の 50% での Deadrise
- Chine タイプ：ハード Chine 或はラウンドビルジ

備考：データの確認についての更なる情報は、[データの確認](#)を参照。

## 第2章 MAXSURF Resistance を使う

---

前章で MAXSURF Resistance が機能する仕組みを紹介しましたので、この章では例に沿って MAXSURF Resistance をどのように使うかを細かく述べて行きます。

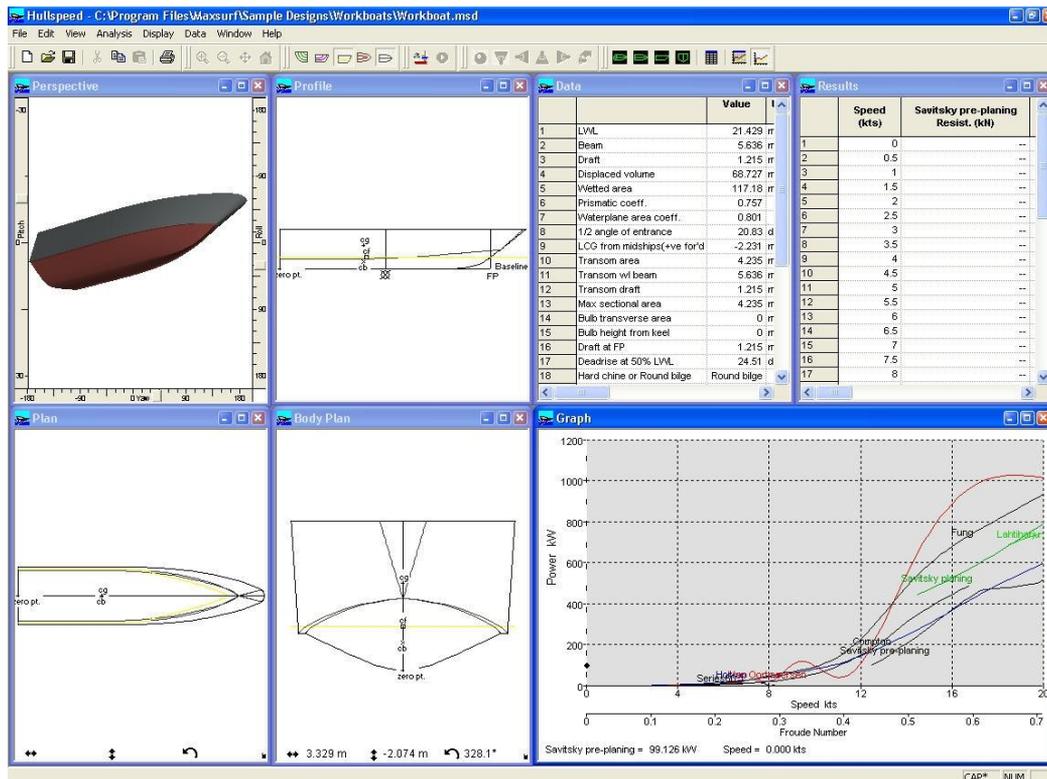
例として単純な滑走船型を使います。この例のデータは ‘MAXSURF ResistanceExample.hsd’ の名称の MAXSURF Resistance ファイルで提供されます。データは ‘MAXSURF ResistanceExample.msdx’ の MAXSURF デザインファイルを計測したものです。

例を使ってハルの抵抗値予測に必要ないくつかの手順を踏んで行きます。

- [始める前に](#)
- [デザインからハルを測定](#)
- [データファイルを開く](#)
- [データを入力](#)
- [抵抗値を計算](#)

## 始める前に

プログラムのアイコンをダブルクリックするかスタートメニューにある MAXSURF メニューから MAXSURF Resistance を選ぶことによりプログラムを起動します。



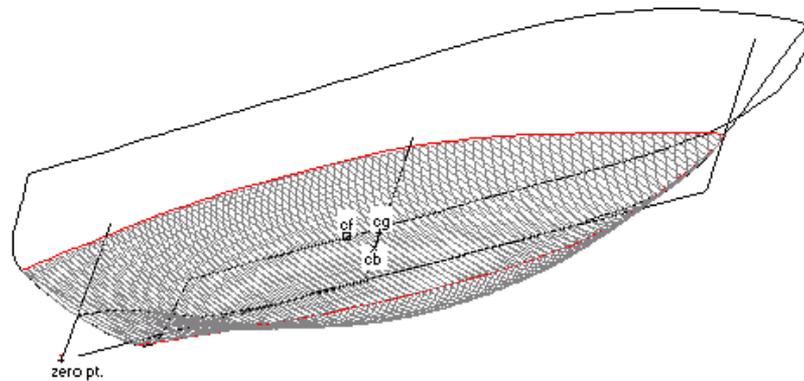
- Perspective** 解析されるハルのパースペクティブビュー
- Plan** ハルの平面図で下から見上げた状態。右舷がセンターの上。
- Profile** ハルの縦断面図で右舷から見た状態。船首が右。
- Body Plan** ハルの横断面図で船尾から前方を見た状態。
- Data** 解析に必要なデータで、MAXSURF デザインから計測するか手動で入力する。
- Graph** ハルの予測された馬力もしくは抵抗値を船速に対して表したグラフ。
- Results** 抵抗と馬力の計算結果を数値で表したもの。スプレッドシートへコピーが可能。

## デザインからハルを測定

MAXSURF Resistance は MAXSURF デザインを直接読み込み計測することができます。MAXSURF Resistance は Hydromax と同じ手法でデザインのハイドロスタティクス特性を計算しますので、閉じた断面に関する同様の制限と規則が適用されます。

デザインを読み込むには、File メニューから Open Design を選択します。デザインが読み込まれると、MAXSURF Resistance は自動的にハルのハイドロスタティック特性を 200 のセクションを使って計算します。

この時点で、セクションが正しく生成されているかのチェックを行うことをお勧めします。これをするために、Perspective ウィンドウを表示して section をオンにします (Display | Contours ダイアログで)。水面下のセクションが下図のように表示されているはずです。:



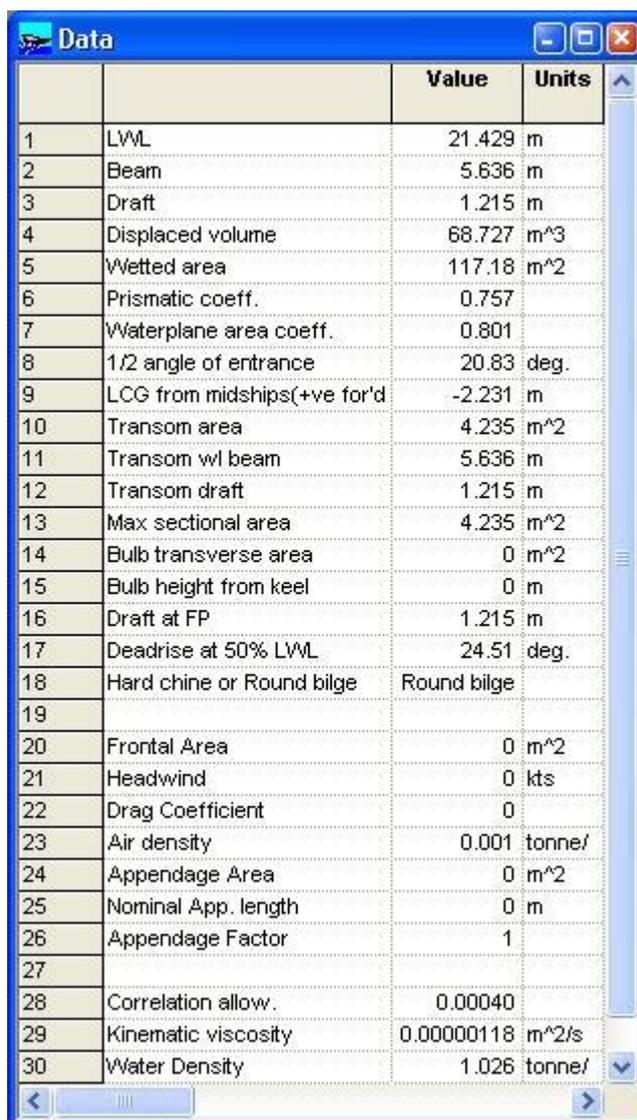
ハルは常に DWL で計測されるため、もし異なる喫水で計測を行いたい場合、Frame of Reference ダイアログ(Data | Frame of Reference)で DWL の高さを変更して下さい。

計測が終わったら、それらを好みに編集することが可能です。デッドライズのように、正確に計測値を決めることが難しいパラメータがあるので、計測値表を見直すことをお勧めします (詳細は以下を参照)。

- 侵入角度の 1/2
- 球状船首の横断面積
- キールからの球状船首の高さ
- LWL の 50% での Deadrise
- Chine タイプ : ハード Chine 或はラウンドビルジ

## データファイルを開く

File メニューから Open Measurement Data を選びます。ファイルのタイトル、'MAXSURF ResistanceExample.hsd' を MAXSURF のサンプルフォルダから選び、開きます。このファイルには滑走型船型のデータが含まれています。読み込まれると、Data ウィンドウは対応するデータで埋まります。 :



		Value	Units
1	LWL	21.429	m
2	Beam	5.636	m
3	Draft	1.215	m
4	Displaced volume	68.727	m <sup>3</sup>
5	Wetted area	117.18	m <sup>2</sup>
6	Prismatic coeff.	0.757	
7	Waterplane area coeff.	0.801	
8	1/2 angle of entrance	20.83	deg.
9	LCG from midships(+ve for'd)	-2.231	m
10	Transom area	4.235	m <sup>2</sup>
11	Transom w/l beam	5.636	m
12	Transom draft	1.215	m
13	Max sectional area	4.235	m <sup>2</sup>
14	Bulb transverse area	0	m <sup>2</sup>
15	Bulb height from keel	0	m
16	Draft at FP	1.215	m
17	Deadrise at 50% LWL	24.51	deg.
18	Hard chine or Round bilge	Round bilge	
19			
20	Frontal Area	0	m <sup>2</sup>
21	Headwind	0	cts
22	Drag Coefficient	0	
23	Air density	0.001	tonne/
24	Appendage Area	0	m <sup>2</sup>
25	Nominal App. length	0	m
26	Appendage Factor	1	
27			
28	Correlation allow.	0.00040	
29	Kinematic viscosity	0.00000118	m <sup>2</sup> /s
30	Water Density	1.026	tonne/

## データを入力

Data ウィンドウには3つの主要コラムがあります。最初のコラムには特定の列のデータの説明があり、2つ目のコラムにはデータそのものが記されており、3つ目にはその列のデータの単位が表示されます。使われた各解析法毎にコラムが一つ追加され、その解析に必要なデータが新しいコラムにコピーされます。

最初と3つ目のコラム以外のコラムにはデータをタイプ入力することができます。一つの解析法に用いられるデータに変更を加えると、他の全ての解析法の同じデータが変更されます。つまり、いずれかのコラムの長さを変更すると、全てのコラムの長さを変更されます。

### メモ:

入力パラメータ：長さ、ボリューム、プリズム係数と一部の最大断面積は、下記の数式と関連します。

$$C_p = \frac{V}{L \cdot A_x}$$

データがデザインから計測された場合には一致するはずですが、手動で入力した場合、MAXSURF Resistance は一貫性を維持するため、これらの値を再計算します。もし長さ (L)、ボリューム (V) とプリズム係数 (Cp) が入力された場合、一部の最大面積 (Ax) は再計算されます。Am が入力された場合、Cp は再計算されます。

必要なデータを以下に示します。 :

### Length / Lwl

計画喫水線で測ったハル長さ。

### Beam

ビーム  
水面下の最大ハル幅。

### Draft

喫水  
ハル最大水面下深さ。

### Displaced Volume

ハルの海水排水容積。

### Wetted Area

ハルの浸水面積。

この細長体法のため、浸水面積は摩擦と粘着抵抗係数のみに計算されます（波抵抗力はサーフェスモデルから直接計算されます）。

浸水面積はグラフウィンドウに表示した抵抗係数の計算にも使われています。

### Prismatic Coefficient

プリズマ係数

水面下長さで最大断面積の積で表される体積とハルの水面下容積との比で、次の式で表されます：

$$C_p = \frac{\nabla}{L \cdot A_x}$$

### Water plane Area Coefficient

---

水線面積係数

ハル長さで幅の積で表される面積と浮面積との比で、次の式で表されます：

$$C_{WP} = \frac{A_{WP}}{L \cdot B}$$

### Half Angle of entrance

---

1/2 侵入角

浮面の中心線とハル先端が成す角度。

### LCG from midships

---

ハル中央から測った重心の長手方向距離。前方を正とする。つまり、中央から後方の LCG 1.5m は -1.5m と入力します。MAXSURF Resistance がハルを計測する場合、そのハルは DWL で平衡（つり合い）状態にあると仮定するので、LCG は LCB（浮心長さ）上にあると判断します。

### Transom Area

---

トランサム面積

ハルが静止している状態でトランサムの水面下にある断面積。

### Maximum Sectional Area

---

最大横断面積

ハルが静止している状態での最大水面下断面積。

### Bulb Transverse Area

---

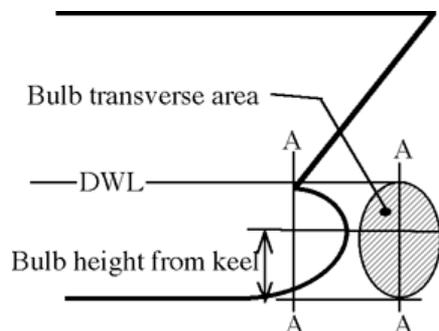
球状船首横断面積

ステム上の喫水線部における球状船首の横断面積。

### Bulb Height from Keel

---

キールラインからステム上の喫水線部における球状船首横断面面積中心までの高さ。



### Wetted Area

---

ハルの浸水している面積。

**Draft at FP**

FPにおける喫水。この値を0にしておくと、MAXSURF Resistanceは‘draft’の値と同じと判断します。

**Deadrise at 50% Lwl**

ハル中央で測るデッドライズ。

**Frontal Area**

前方投影面積

船舶を前から見た場合の計画喫水線より上の投影面積。0に設定すると風圧抵抗は無視されます。

**Drag Coefficient**

抵抗係数

風圧抵抗を計算するための抵抗係数。0.8から1.2の間に収まるとみなしている。

**Air Density**

周囲温度に対する空気密度。15°Cで1.293kg/m<sup>3</sup>。

**Appendage Area**

付属物面積

付属物の接水面積で、付属物の抵抗計算に使われます。0に設定すると付属物の抵抗は無視されます。

**Nominal Appendage Length**

付属物有効長さ

付属物が使われる際のレイノルズ数を計算するのに使われます。このレイノルズ数は付属物の摩擦抵抗をITTC1957の算定式によって計算する際に使われます。通常この長さはラダー（もしくはキール）のコード長に代表されます。

**Appendage Factor**

付属物係数

付属物の抵抗を予測するための要素。1.0から3.0の間の値となります。

**Correlation Allowance**

相関許容値

模型試験と実船試験の間の相関を表すのに使われる要素。この要素は元々の公式に相関許容値が使われている解析的手法にのみ含まれます：Savitsky pre-planing; Lahtiharju; Van Oortmerssen; Series 60。Holtrop法は陰関数表示の相関許容値が常に含まれます。相関許容値、 $\Delta C_F$ は次のITTC推奨算定式により推定されます。：

$$C_A = \left[ 105 \left( \frac{k_s}{L} \right)^{\frac{1}{3}} - 0.64 \right] \times 10^{-3}$$

ここで $k_s$ はハル荒さを示し、一般的におおよそ $150 \times 10^{-6} \text{m}$ となり、Lは同じ単位でハル水線長を表す。

各々の特定の手法に使われる相関許容値は、“Correlation allow”行のDataウィンドウにリストアップされています。

下の表は、どの手法がどの相関係数を使用しているかを示しています。

Savitsky 滑走前	なし
Savitsky 滑走	速度によって変わるが、ユーザー定義の値に基づく
Blount and Fox	速度によって変わるが、ユーザー定義の値に基づく
Lahtiharju	ユーザー定義の値
Holtrop	一定だが、回帰手法によって計算される
Van Oortmeersen	ユーザー定義の値
Series60	ユーザー定義の値
Delft I,II	なし
Delft III	なし
Compton	0.0004 で固定
Fung	0.0005 で固定
Slender body	ユーザー定義の値

### Physical Properties of Sea Water

---

海水の物理特性

海水の密度と動粘性係数の値はユーザーが編集することができます。ITTC '57による塩水（3.5%塩分）の密度と動粘性係数は：密度 1025.9 kg/m<sup>3</sup>、動粘性係数 1.18831x10<sup>-6</sup> m<sup>2</sup>/s。

## 抵抗値を計算

抵抗値の計算結果を見る前に、データの確認、予測法の選択、スピード範囲の選択をして下さい。これらの項目が決まれば、結果は Results と Graph のウィンドウに自動的に表示されます。

- [抵抗予測法の選択](#)
- [データの確認](#)
- [スピード範囲の指定](#)
- [結果の表示](#)

## 抵抗予測法の選択

どの手法を使うかの指定をするために、Data メニューから Methods を選択します。或いは代わりにこの  - ツールバーボタンを使います。ダイアログボックスが表示されるので、使いたい抵抗予測法を選びます。

6 ページに掲載されたように、異なるタイプのハルには異なる手法が有効です。滑走型ハルを解析するのであれば、それに適した手法を選択してください。

一旦ある方法が選択されたら、その方法に関連するデータの入力スペースでコラムがデータウィンドウに出てきます。一般に、この方法はすべてのデータを使わずに、解析方法と関連するデータのみがコラムにコピーされます。

さらに2つのコラムが、選ばれる抵抗予測方法ごとに結果ウィンドウに表示されます；一つは予想される抵抗力のため、一つは必要なパワーのためです。

細長体法のため、ユーザーに指定された形状要因が指定されなければなりません。  
Holtrop と Mennen 形状要因を使うために、マイナス値を与えます（例：-1.0）。形状要因は、細長体法抵抗予測だけに適用されます。この理論は[Slender body method（細長体法）](#) に詳しく説明しています。

第19回国際試験水槽会議(ITTC) CA 改訂公式の使用がチェックされると、この方法が使用されます。第19回国際試験水槽会議(ITTC)は粗さ係数  $DC_F$  と相関許容値に分ける CA の改訂公式を提案しました。:

-  $\Delta C_F$  は粗さ許容値です。

$$\Delta C_F = 0.044 \left[ \left( \frac{k_s}{L_{WL}} \right)^{\frac{1}{3}} - 10 \cdot Re^{-\frac{1}{3}} \right] + 0.000125$$

ここでは  $k_s$  はハルサーフェスの粗さを表します。測定データがないとき、 $k_s=150 \times 10^{-6}$  m の標準値は使用可能です。

- CA はモデルとフルスケールの試行結果の比較より求められます。上記のように粗さ許容値を使用するとき、第19回国際試験水槽会議(ITTC)は下記公式の使用をお勧めします。:

$$C_A = (5.68 - 0.6 \log Re) \times 10^{-3}$$

さらに、

MAXSURF Resistance で使用される別の方法についての更なる情報は、[予測方法](#)、どの方法が特定のタイプの船に適しているかを調べるには、[付録 B - 適用範囲](#) をそれぞれご覧ください。

## 風と付属物抵抗

風と付属物抵抗を計算に含めることができます。

船舶の前方投影面積、抵抗係数、空気密度を入力すると、解析に空気抵抗が含まれます。これらの変数のいずれかを 0 に設定すると空気抵抗は無視されます。

前方投影面積  $A_{\text{frontal}}$  は船舶の水線から上を前方から後方に向かって見た時の投影面積です。抵抗係数  $C_d$  は船舶がどれだけ流線型になっているかによって異なります。非常に流線型に近い場合、抵抗係数は 1 より小さくなり、例えば 0.8 となり、流線型になっていない場合は 1 より大きくなり、例えば 1.2 となります。

風圧抵抗は次の式により計算できます:

$$R_{\text{wind}} = \frac{1}{2} \rho_{\text{air}} A_{\text{frontal}} V_{\text{rel}}^2 C_d$$

ここで  $\rho_{\text{air}}$  は空気密度、 $V_{\text{rel}}$  は相対風速。

付属物接水面積、有効付属物長さ（付属物のレイノルズ数計算のため）、付属物係数を入力すると、付属物による抵抗が MAXSURF Resistance の抵抗予測に含まれます。

付属物接水面積  $A_{\text{appendage}}$  は全ての付属物の総接水面積で、付属物係数  $f_{\text{appendage}}$  は付属物による抵抗の指標を表します。付属物係数の一般的な値は 1.0 から 3.0 です。

付属物による抵抗は次の算定式により求めます:

$$R_{\text{appendage}} = \frac{1}{2} \rho_{\text{water}} A_{\text{appendage}} V_{\text{boat}}^2 f_{\text{appendage}} C_f$$

ここで、 $\rho_{\text{water}}$  は水密度、 $V_{\text{boat}}$  は船舶のスピード。摩擦抵抗係数  $C_f$  は ITTC1957 の算定式を使い、レイノルズ数の計算には有効付属物長さを使って計算します。

## データの確認

ハルを実際に計測したのか、手動で入力したかに関わらず、計測データは自動的に選択された予測法の限界値と比較されます。

Data ウィンドウには、特定の手法の限界を超えている計測値はその手法の欄でハイライト表示されます。赤字のデータはその値が低すぎることを意味し、オレンジ色のデータは高すぎることを意味します。

特定の手法での有効な数値限界は B/T のような比や係数で表される場合があります。そのような場合、もし B/T の値が大きすぎる場合、Beam が大き過ぎるとしてハイライトされ、また喫水が小さ過ぎるとしてハイライトされます。さらにいくつかのケースでは、Beam の値が大き過ぎると小さ過ぎるの両方になる場合があります、例えば、B/T と L/B が両方とも大き過ぎるような場合がこれにあたります。

様々な解析方法に対する有効範囲の詳細については[付録 B - 適用範囲](#)を参照して下さい。

参照：[データの入力](#)

## スピード範囲の指定

予測手法の選択が済んだら、解析の対象となる船速を設定します。そのために：

➤ Data メニューから Speeds を選びます。

または  ツールバーボタンを使用します。

ダイアログボックスが現れます：



The image shows a 'Speed Range' dialog box with a blue title bar and a close button (X) in the top right corner. It contains two input fields: 'Minimum' with the value '0 kts' and 'Maximum' with the value '20 kts'. To the right of these fields are two buttons: 'OK' and 'Cancel'.

➤ 最小スピードを入力します。

➤ 最大スピードを入力します。

➤ OK ボタンをクリックします。

## 結果の表示

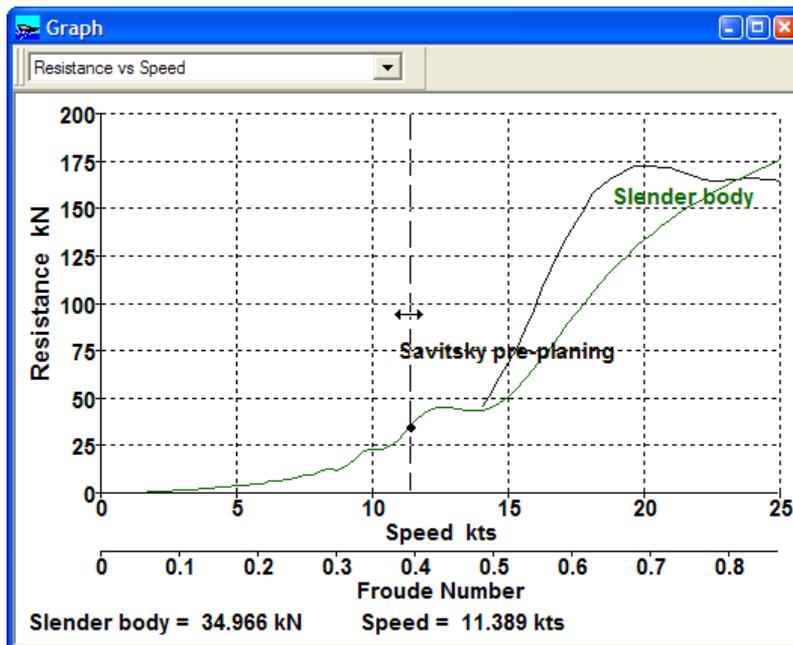
回帰解析法（解析的もの以外のすべての方法）のために、入力データが変化される場合、抵抗とパワーは必ず自動的に計算されます。詳しくは[Slender body method（細長体法）](#)を見てください。

### Results Table

計算結果付きの表が結果ウィンドウに表示されます。

### Results Graph

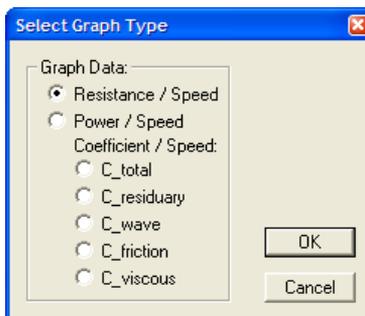
結果のグラフが結果グラフウィンドウに表示されます。



グラフの中の曲線上の任意の点をクリックすると、グラフウィンドウ左下で抵抗とスピードの値が表示されます。

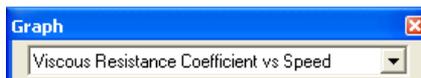
グラフをダブルクリックすると、すべてのグラフデータポイントが入っている表が表示されます。

表示されたグラフのタイプは、Display メニューからグラフタイプの選択のオプションにより変えることができます。



抵抗またはパワーのグラフと同じように、個々の抵抗係数を計画することが可能です。

或いは、グラフツールバーでプルダウンリストから必要な構成要素を選ぶことによって、この操作を行うことができます。



全ての抵抗予測手法で全ての抵抗要素を計算するわけではありません。多くの手法は“残余+摩擦”のアプローチを採用しており、造波と粘性の要素は導かれません。以下の表は各手法でどの要素が計算されるかをまとめたものです。

手法	R <sub>T</sub>	R <sub>R</sub>	R <sub>W</sub>	R <sub>F</sub>	R <sub>V</sub>	R <sub>Cor</sub>	R <sub>App</sub>	R <sub>Air</sub>	θ <sub>D</sub>
Savitsky pre-planing	yes	no	no	no	no	yes	yes	yes	no
Savitsky planing	yes	yes	no	yes <sup>1</sup>	no	yes	yes	yes	yes
Blount and Fox	yes	yes	no	yes <sup>1</sup>	no	yes	yes	yes	yes
Lahtiharju	yes	no	no	no	no	yes	yes	yes	no
Holtrop	yes	yes	yes <sup>2</sup>	yes <sup>ITTC'57</sup>	yes	yes <sup>3</sup>	yes	yes	no
Compton	yes	yes	no	yes <sup>ITTC'57</sup>	no	yes	yes	yes	no
Fung	yes	yes	no	yes <sup>ITTC'57</sup>	no	yes	yes	yes	no
van Oortmerssen	yes	yes	no	yes <sup>ITTC'57</sup>	no	yes	yes	yes	no
Series 60	yes	yes	no	yes <sup>4</sup>	no	yes	yes	yes	no
Delft I, II	yes	yes	no	yes <sup>5</sup>	no	no	yes	yes	no
Delft III	yes	yes	no	yes <sup>5</sup>	no	no	yes	yes	no
Slender Body	yes	yes	yes	yes <sup>ITTC'57</sup>	yes <sup>6</sup>	yes	yes	yes	no

表注:

1: ATTC'47 (Schoenherr) 摩擦ラインが使われているが、修正された浸水サーフェ

$$\text{スエリアが使われている: } C_f = \left[ \frac{0.242}{\log_{10}(R_e C_f)} \right]^2$$

2: Holtrop の造波抵抗には球状船首とトランサム要素も含まれます。

3: Holtrop 手法は相関許容係数の決定のために回帰方程式を使います: これはユーザー指定値の代わりに使われます。

4: 代替的な摩擦ラインを使用する:  $C_f = \frac{0.083}{[\log_{10}(R_e) - 1.65]^2}$

5 ITTC'57 摩擦ラインを使用するが、レイノルズ数はより短い長さ (0.7Lpp) に基づいている。

6 ユーザーが指定した形状要因が負であれば、細長体法は Holtrop 法により計算された形状要因を用いる。

ITTC'57 ITTC'57 摩擦ライン:  $C_f = \frac{0.075}{[\log_{10}(R_e) - 2]^2}$  を使用する。

R <sub>T</sub>	総抵抗; $R_T = R_R + R_F + R_{Cor} + R_{App} + R_{Air}$ もしくは $R_T = R_W + R_V + R_{Cor} + R_{App} + R_{Air}$ で表される。
R <sub>R</sub>	残余抵抗; 総流体抵抗から表面摩擦抵抗を差し引いたもの。R <sub>Cor</sub> 、R <sub>App</sub> 、R <sub>Air</sub> は含まない。
R <sub>W</sub>	造波抵抗; 自由表面波生成に必要なエネルギーに等しい抵抗。
R <sub>F</sub>	摩擦抵抗; 同等面積を持つ平板の表面摩擦に等しく、通常 ITTC'57 実船-模型船相関線もしくは Schoenherr 摩擦線を使う。
R <sub>V</sub>	粘性抵抗; 表面摩擦粘性抵抗にハルの 3D フォーム効果を加えたもの。一般に、形状要因 (1+k) を使う。この場合、 $R_V = (1+k) R_F$ となる。
R <sub>Cor</sub>	相関許容抵抗; 模型船と実船の相関のための付加抵抗。
R <sub>App</sub>	付属物抵抗; 舵等の付属物による抵抗。
R <sub>Air</sub>	風圧抵抗; 水線上のハル、上部構造物に掛かる風圧抵抗。
θ <sub>D</sub>	走行トリム vs 速度

## 細長体法の使用

この解析方法はいわゆる細長船、または細長体法に基づいています。それは、船の波抵抗により発生するフリーサーフェスの波パターンでエネルギーを計算します。合計抵抗を計算するため、MAXSURF Resistance は、ITTC'57 摩擦係数計算方法と指定された形状要因を使って抵抗構成要素を計算して、加えます。

次のセクションは、単胴船と多胴船の抵抗を計算するために MAXSURF Resistance で提供される細長体法の使用方法を説明します。同じくここで与えられたインフォメーションは、彼らが同じ理論基礎を使っていますから、このマニュアルの後に記述されたフリーサーフェス波パターンの計算にも適用されます。

このセクションで：

- [モデルの確認](#)
- [細長体抵抗の計算](#)
- [細長体の解析幾何学](#)
- [形状要因の計算](#)

## モデルの確認

浸水面積を除いて、細長体の入力データは入力テーブルに表示されず、そしてユーザは確認も修正もできません。MAXSURF Resistance が正確にサーフェスモデルを解釈することを確認したい場合、細長体メッシュをチェックすることをお勧めします。

メニューで **SB Mesh** オプションをオンにすることによって、これができます。使用されたセクションの数は、より高い正確性のため増やすことができますが、従って計算時間も増えます。マルチハルとトランサム船首を持った船のメッシュに特に注意をしなければなりません。詳細については次のセクションを見てください。

参考文献にリストされた細長体法の論文をお勧めします。次のセクションはガイドラインとして使用されることができます。

細長体法は船が細いと仮定します（長さとビームの比、或いは細さ比率）。理想的には、細さ比率は可能な限り高くあるべきですが、実際は 5.0 から 6.0 までのよい結果しか得られません。もしこの船の Froude 数が減らされたら、適用可能方法の最小細さ比率も縮小します。実用的な結果の得られる最大 Froude 数は船の細さ比率に依存します。細い船に対しては（細さ比率が 7.0 より大きい）、細長体法は 1.0 ぐらいの Froude 数の場合に適切な結果が得られる可能性があることが分かりました。細長体法は、丸い船底と Chine ハル形状にも同様にうまく応用されます。自動的に「仮想付属物」を追加することによって、トランサム船首が付いているハルが取り扱われます。この方法は Couser (1996) に詳しく記述されています。

他の参考：

[付録 B - 適用範囲](#)

## 細長体抵抗の計算

船が細長体法で解析できることを確認した後、

➤ **Display** メニューの **Methods dialog** フォームから細長体法を選択します

▶形状要因を指定し、説明のため下記を見てください

この方法は MAXSURF Resistance の復帰（非解析）方法より遅くて、そして、自動的に計算されません。抵抗を計算するために、

▶解析を選択 / 抵抗解析を解決、或はツールバーの解決ボタンを使う .

これより MAXSURF サーフェスのメッシュを計算し、そして抵抗を計算します。

### 形状要因

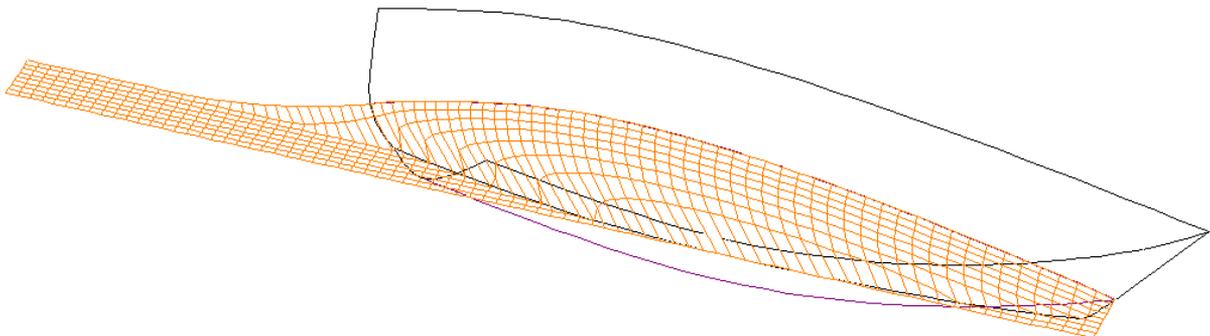
形状要因は細長体解析のために使われ、Methods dialog の画面で指定できます。ゼロ以下（マイナス）の形状要因が入力された場合、形状要因のための Holtrop と Mennen 公式は使われます。

#### メモ:

この方法は MAXSURF ハルサーフェスを直接使いますので、フルモデルが必要とされ、浸水面積以外の測定パラメータを変えることは結果に影響を与えません。浸水面積は、グラフウィンドウに表示した摩擦抵抗と抵抗係数の計算だけに使われます。

## 細長体の解析幾何学

細長体解析ための解析メッシュは Display メニューで「SB Mesh」をチェックすることによって表示可能です。



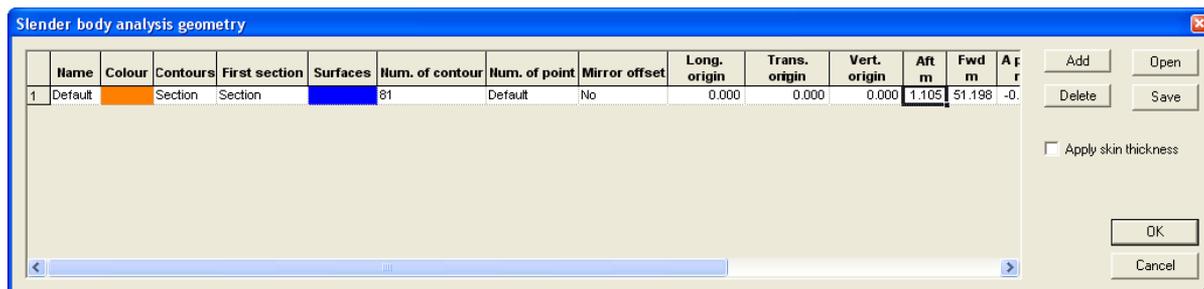
MORC サンプルモデルのための細長体メッシュ（オレンジグリッド）

もし船のタイプ（単胴船、多胴船）が MAXSURF で正しくセットアップされているなら、形状は MAXSURF Resistance により正確に解釈されるはずです。メッシュは一連のセクションとウォーターラインであり、ハルのセンターラインについて対称な長方形のグリッドを形成します。マルチハルの場合、これはそれぞれのハルに1つその様なメッシュがあることを意味します。このメッシュはローカルハルのセンターラインについて対称です。例えば、双胴船の細長体メッシュは1つのメッシュで構成され、これはデミハルセンターラインについて対称で、双胴船のセンターラインについて鏡像をなしています。これはそれぞれ個別のハルは、自分のセンターラインについて対称でなければいけないことを意味します。しかし、全体的なモデルは非対称でありえます。（例えば、Proa）

ハルが浸水したトランサムを持つならば、付属物は細長体メッシュに追加され、そのメッシュは全てのウォーターラインをローカルセンターラインに混合します。これは上記のイメージから見られます。詳細は [トランサムのモデリング](#) を参照してください。

### 細長体幾何学の編集

一部ケースの場合、細長体メッシュの編集が必須であるかもしれません。これは解析メニューの「SB Analysis Geometry」を選択することより行われます。各メッシュグループに対して 1 つの行を含む表がダイアログに示されます。モデルの中でそれぞれの個別ハルに対して 1 つのグループが必要となります。



細長体グループ定義のためのダイアログ

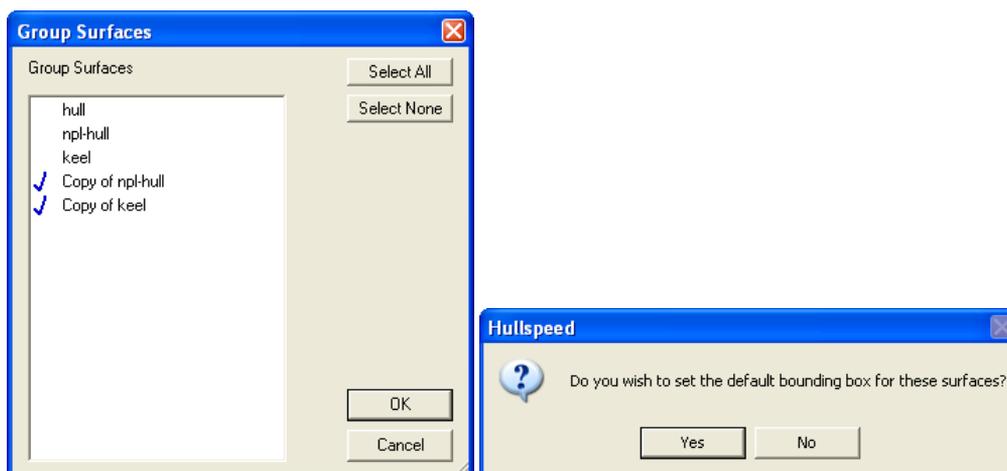
このダイアログは Hydrolink の Shipflow グループの定義に使われたものと同じです。MAXSURF Resistance の主な利点は次のコラムとなります：

**色:**

メッシュが描かれている色

**サーフェス:**

オフセットの計算に使われたサーフェス。どのサーフェスを使うか選択してサーフェスセルをダブルクリックします。最もよいのは、セクションを定義するサーフェスだけを選択することで、これは特にマルチハルに対して言えることです。サーフェスダイアログを閉じる時、自動的にボックス範囲をサーフェスにセットするかどうかの確認を聞かれます。「はい」を選んだ場合、選択範囲を、選択されたサーフェスを含む長方形の範囲にセットします。



細長体メッシュの計測のためのグループ化サーフェスの選択

**コンターの数:**

メッシュ輪郭の数；ウォーターラインの数はセクションの数に合わせて自動的に選択されます。セクションの数がより大きいと、解析の正確性（従って、解析の時間ももっと長くかかる）ももっとよいです。

**Trans. origin:**

ローカルハルセンターラインに使われます。単胴船の場合ゼロにしなければいけません、多胴船の場合ローカル平面对称 / 個別の船のセンターラインにならなければいけません。例えば、双胴船の場合はデミハルセンターラインの横向き位置となります。

**Aft, Fwd, A port, A starb, A top, A bott, F port, F starb, F top, F bott:**

最後 10 個のコラムはメッシュの境界を明確にする縦プリズム（またはテーパ）ボックスを定義します。境界ボックスの定義はタンクが Hydromax で定義される方法と似ています：Aft と Fwd コラムは縦 aft とボックスの Fwd の範囲を定義し、A port、A starb、A top と A bott コラムは、ポート、右舷と aft 平面でのボックス境界の上部と下部の範囲を定義します。接頭辞 F がついた関係する 4 つのコラムが、違うポート、右舷、前面上の上部と下部の範囲を持ったテーパリングボックスを定義するために使われます。

**ファイルを開く・保存するボタン:**

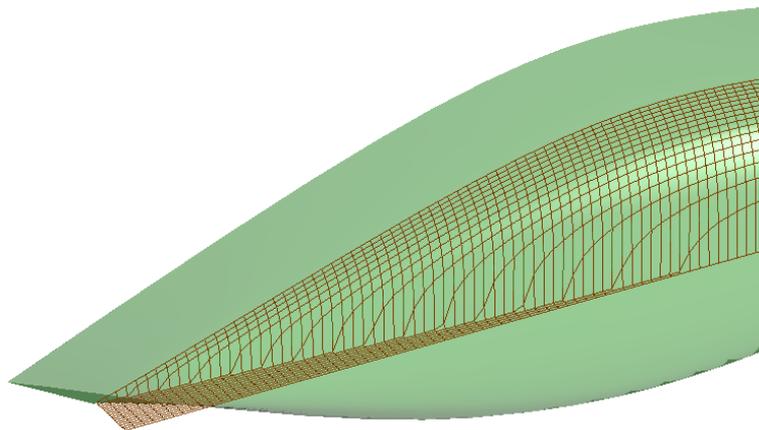
ダイアログ中のデータは保存・開くボタンで保存と読み込みをすることができます。これは細長体メッシュの定義をカスタマイズ、そして簡単に読み込みたいときによく使われます。

このダイアログよりさらに詳細な情報は Hydrolink マニュアル Shipflow 出力セクションをご覧ください。

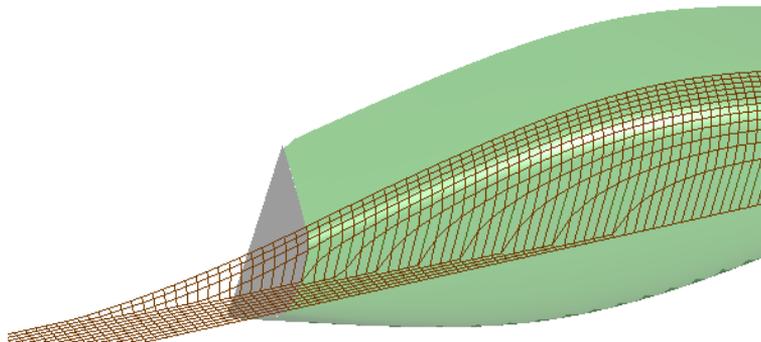
**トランサムモデリング**

細長体メッシュは、セクションとウォーターラインの一定間隔のグリッド上でハルサーフェスオフセットを計算することによって作られます。ハルサーフェスから離れるメッシュポイントがゼロのオフセットを与えられて、そしてハルセンターライン上にとどまります。細長体理論のため、メッシュはセンターラインの上に横たわるウォーターラインと一緒にスタートと終了しなければいけません。すなわち、船首と船尾セクションはすべてのポイントをゼロオフセットにしなければなりません。（あるトランサムの修正を応用することによって、船尾のためにこの必要条件を取り除くことは可能です）。

MAXSURF Resistance は特殊な方法でトランサムを扱います；トランサムにスムーズに付けられる「ビジュアル付属物」を適用することによって、メッシュはモデル後ろのセンターライン平面に戻されます。この方法は船首トランサムで単胴船と双胴船形状に対して、よい結果を与えることが判明しました（Couser 1996、Couser et al 1998）。

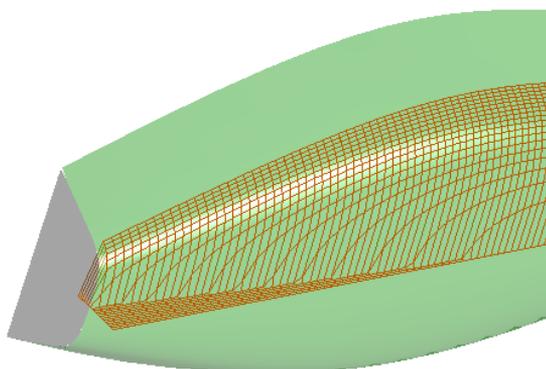


トランサムがないカヌーハルの船首のためのメッシュレイアウト。メッシュは船体に従う。



トランサム付き船体のためのメッシュレイアウトスムーズに付けられる「ビジュアル付属物」を使っているトランサム後ろのメッシュの人工的閉鎖

ビジュアル付属物は、メッシュ境界ボックスの船尾範囲をトランサムの終わりのすぐ後で終わらせることによって取り除くことができます—下記を見てください



メッシュの船尾境界ボックスでトランサムの船尾へ終わる、「ビジュアル付属物」は取り除かれます

**メモ:**

ビジュアル付属物は浸水面積の計算に含まれません。それは、波抵抗力を計算するために人工的に数のモデルを切り離すことに使われるだけです。

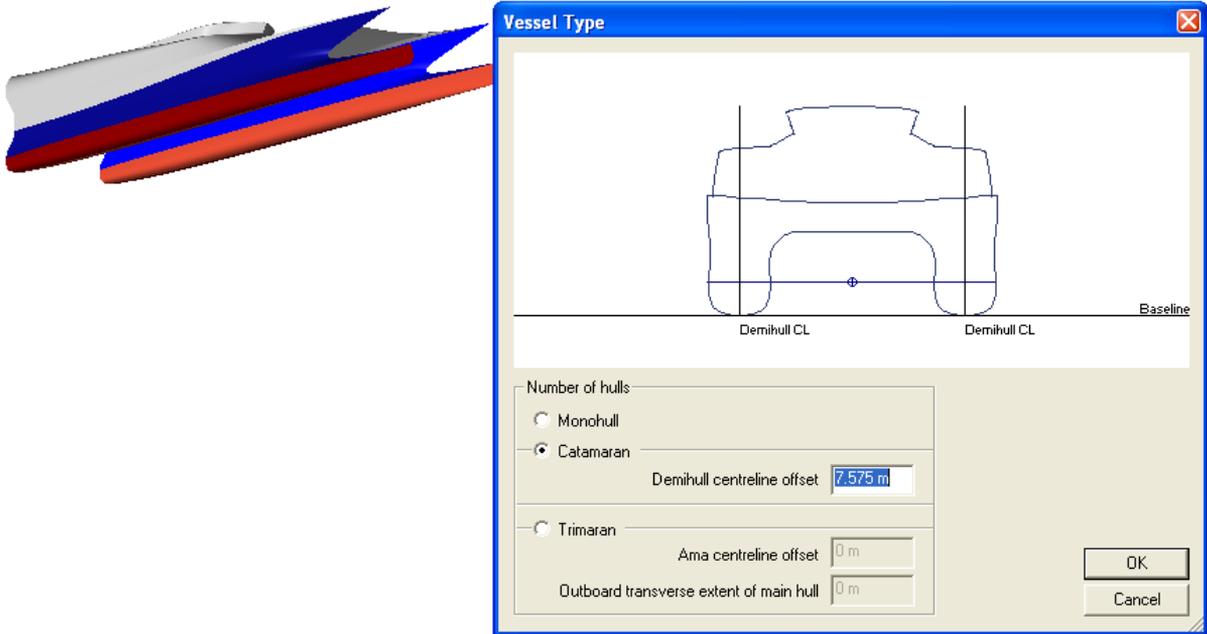
ビジュアル付属物を取り除くことはフリーサーフェスの波パターンと波抵抗力の計算に影響を与えることに注意してください。フリーサーフェスの波パターンと波抵抗力の計算にビジュアル付属物をつけるかどうかは、付属物を添付するかどうかの判断になります。Courser 1996, Couser et al 11998の作業より、ビジュアル付属物の添付は、トランサム船尾が付いた単胴船と多胴船に対するいい結果を与えることが観察されます。

**マルチハルメッシュの例**

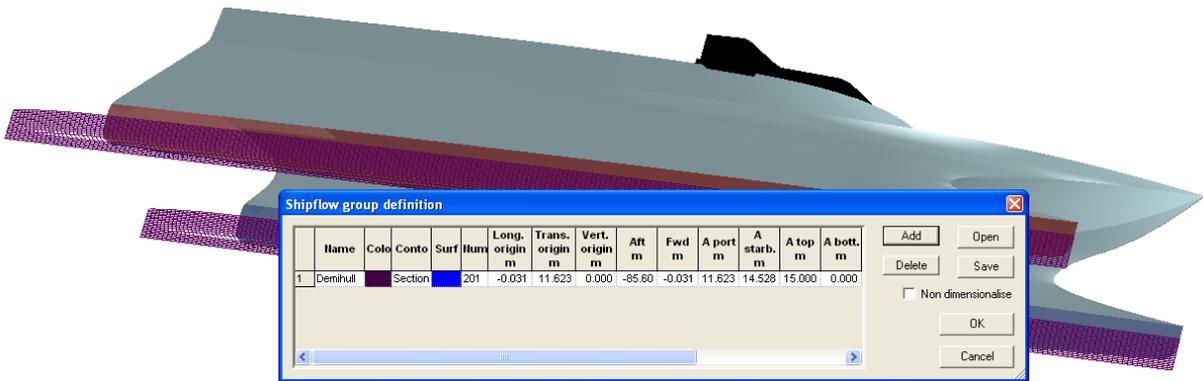
細長体法理論を用いて、MAXSURF Resistance はマルチハルの抵抗力の計算をすることが可能（双胴船、三胴船、五胴船）。個別のハルの数と位置に制限はありませんが、それぞれのハルはローカルセンターラインプレーンについて対称でなければなりません。この機能を利用するため、船タイプ（MAXSURF マニュアルを見てください）を正しくセットアップすることが重要です。モデルそれぞれの個別ハルのために、1つのメッシュグループ（SB 幾何学ダイアログでの1つの横列、ページ28を見てください）があるべきです。異なるタイプのマルチハルのメッシュ定義のサンプルは下記に示しています：

双胴船

MAXSURFに船タイプが正しく定義された場合、MAXSURF Resistanceは自動的に対称メッシュを生成し、このメッシュはローカルデミハルセンターラインの中心に位置します。

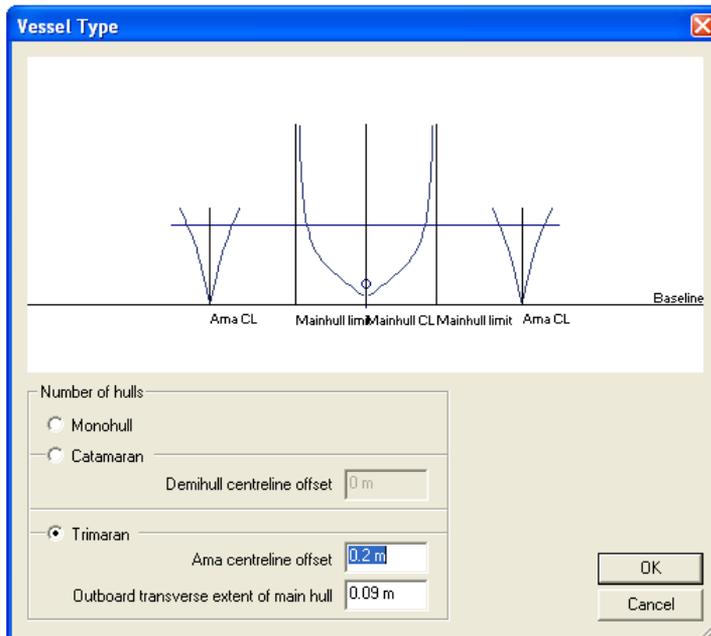
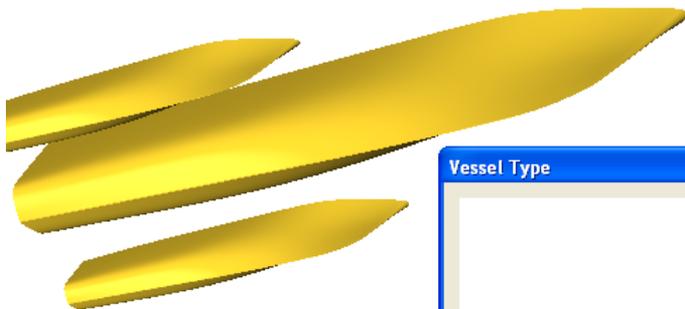


双胴船のための MAXSURF の船タイプダイアログ



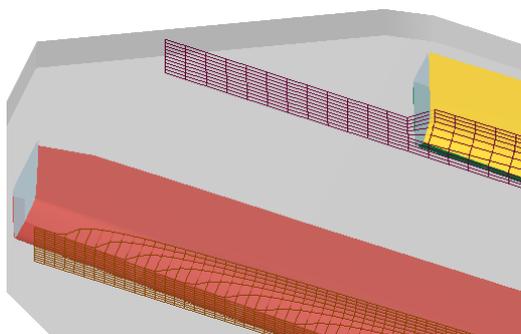
双胴船は船センターラインについて鏡像のシングルメッシュを持っています。このメッシュはローカルデミハルセンターラインについて対称です。

三胴船

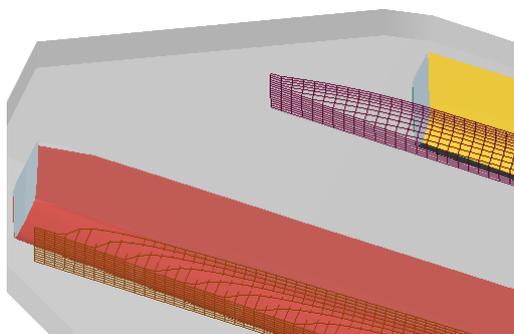


三胴船のための MAXSURF の船タイプダイアログ

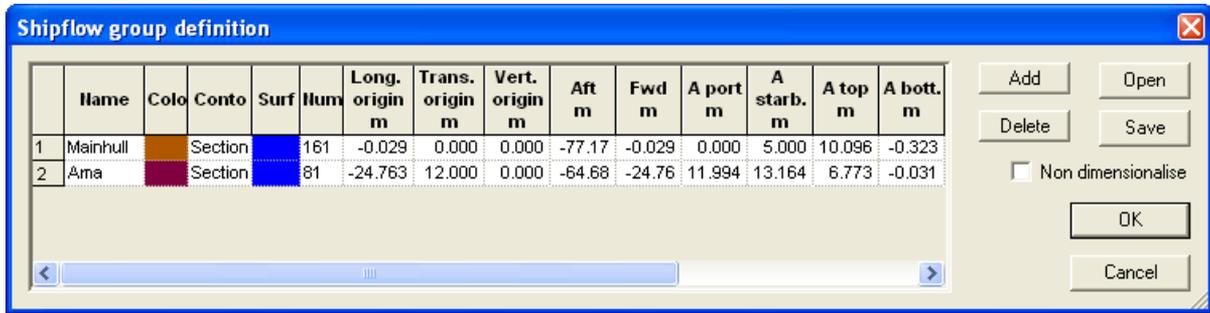
二つのメッシュが必要となり、一つはメインハルに、もう 1 つはアウターハルに（「ama」を参照）必要となります。MAXSURF に船タイプが正しく定義されていれば、この二つのメッシュは自動的に定義されます。しかし、メッシュ範囲の経度を変更する必要があるかもしれません。特にハルがトランサムを持っているなら、それが当てはまります。そして、メインハルと「ama」を定義するサーフェスを選択する必要もあるかもしれません。最も簡単な方法は、サーフェスセルをダブルクリックし、メッシュ指定が必要なサーフェスだけを選択して、OK をクリック、そして Yes をクリックして、境界ボックス範囲を選択されたサーフェスに指定します。



**誤：**三胴船サンプルのデフォルトグリッド。Ama グリッドがあまり極端に船尾へ拡張します。そして、ビジュアル付属物の形は ama トランサムの快速移行を示します。



**正解：**Ama グリッドは ama サーフェスだけを使うことにセットされ、境界ボックスはそのサーフェスにセットされ：ama に正しいトランサム終了



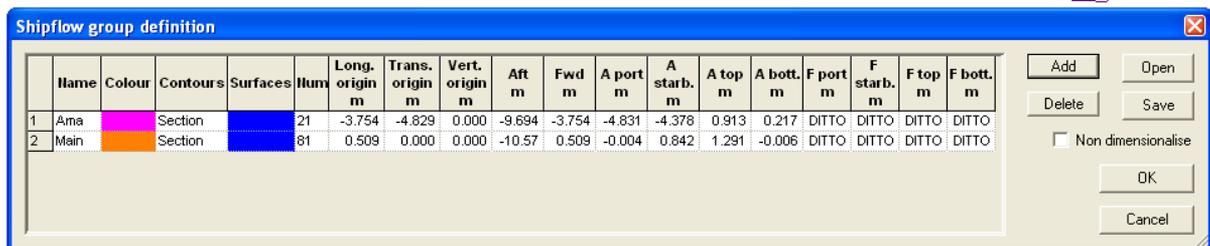
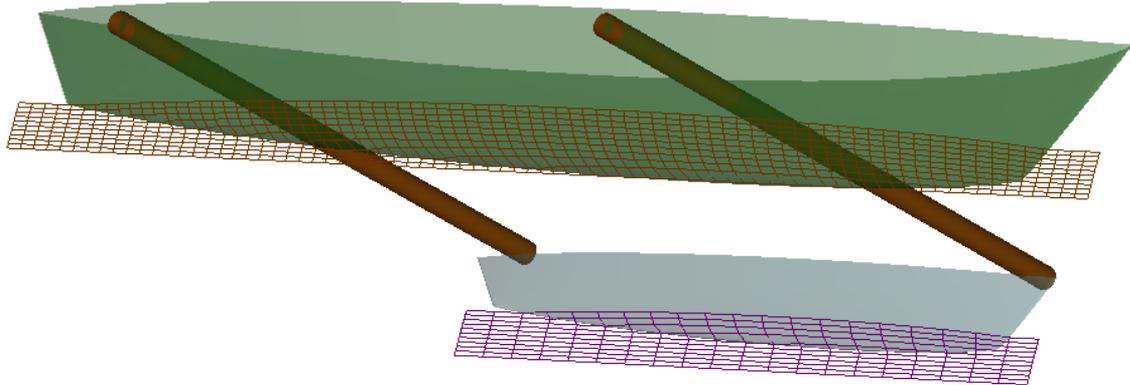
上記三胴船の正しいメッシュ定義、メインハルの船尾範囲は-77.17、しかし-64.88だけは Ama のため  
 これらのファイルはこちらに保存されています : Program files\MAXSURF\Sample Designs\Multihulls\Trimaran\Trimaran.msdc  
 メッシュ定義ファイルは : TrimaranHSmeshDefn.hyd

**Proa**

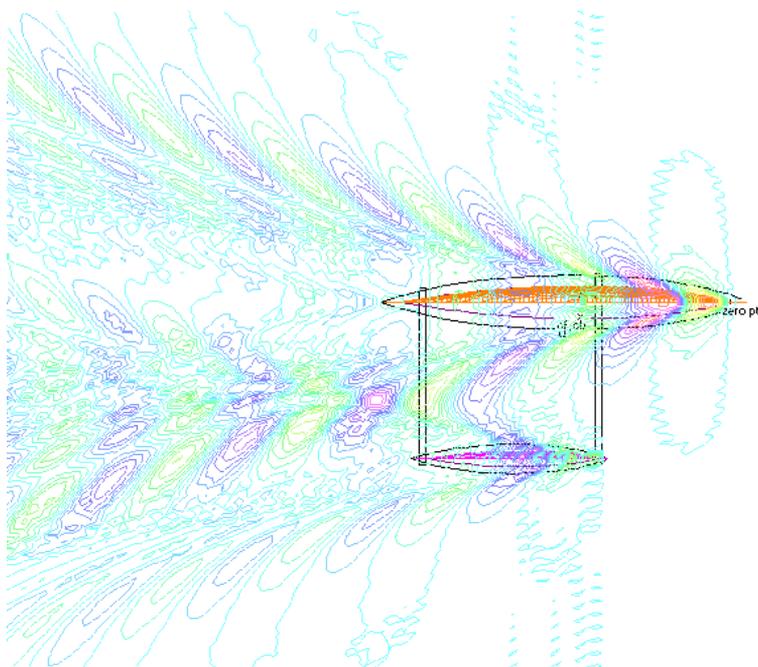
それぞれの個別ハルは自身のセンターラインについて対称であれば、非対称船のモデリングも可能です。下記の例の中でメインハルは対称サーフェスで、アウトリガ (ama を参照) が二つのサーフェスで構成され、それは :

- 船のセンターラインについて非対称 (センターラインの向こう側に ama がありません)
- ama センターラインについて鏡像

二つのメッシュグループが必要となります。1つはメインハルが単胴船として定義された場合、ama のために、横オリジンは ama ハルのローカルセンターラインをトランサムとしてオフセットします、そして ama ハルの右舷側だけが使われます。



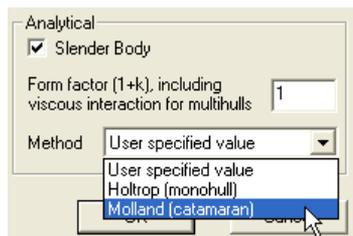
メインハルと ama の細長体メッシュ定義



Proa モデルの波パターン計算

## 形状要因の計算

MAXSURF Resistance は自動的に形状要因を計算することができます。これは細長体解析の間に使われます。直接形状要因を指定することも可能ですし、或は単胴船のため MAXSURF Resistance's Holtrop を使うか双胴船のため Molland アルゴリズムを使います。



Molland et al. 方法はデミハル細さ比率を使って、 $L/\nabla^{1/3}$ , 下記の方程式によって形状要因をきめます:  
 $(1 + \beta k) = 3.03 (L/\nabla^{1/3})^{-0.40}$

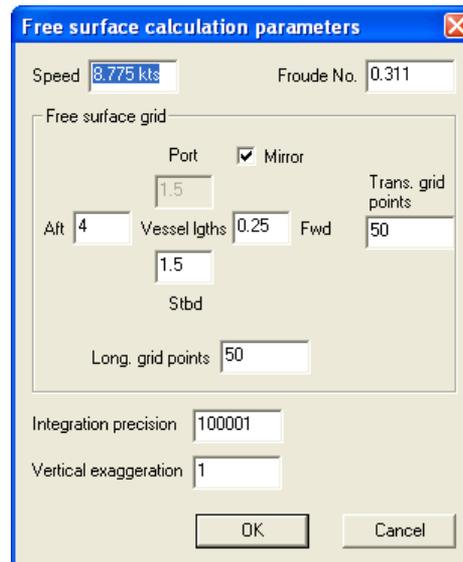
この式は形状要因のため、 $(1 + \beta k)$ , デミハルの間に粘着性の相互作用効果を含めて完全な双胴船

詳細は[参考文献](#)を参照してください。

## フリーサーフェス波パターンの計算

MAXSURF Resistance は船生成した波パターンの計算にも使われるかもしれませんが。この波パターンは Michell / 細長体タイプ方法を使って計算され、細長体予測と同じ方法です、[解析的方法](#)をご覧ください。このフリーサーフェスの波パターン計算は粘性と波ブレイクの効果を無視しています。

波パターンは解析|フリーサーフェス計算パラメーターダイアログに指定されたグリッドで計算されます。



### Free surface speed

Free Surface 計算パラメーターダイアログにある Speed エリアで、計算したい波パターンの船スピードが指定できます。これは Froude 数として直接指定されることもできます。

### Free surface grid area

フリーサーフェスが計算されるエリアは、船長さに関して指定されます。船の長さ向き、そして左舷と右舷と同様に船尾のナンバーを指定することができます。加えて、横と経度方向に使われるグリッドポイントのナンバーも指定できます。船が対称の場合、対称フリーサーフェスの指定ができます、そのためフリーサーフェスの右舷側が計算され、そして簡単にセンターラインに対して反映されます。

もし Proa のような非対称のモデルが前のセクションで記述されるようにするならば、波パターンが左舷と右舷に対称しないから、ミラー機能の選択ができません。

### Free surface integration precision

総合精度オプションはフリーサーフェス計算の正確さを示します；ナンバーがより高いと、正確さも（総合方法がナンバーが奇数が望ましいこと、そして必要があれば調節することに注意してください）高いです。計算はとても遅いかもしれませんが（Esc を押せば中止になります）、そして、グリッドポイントのナンバーと総合精度によって、非常に影響を与えられます。3D レンダリングのため、容認可能な結果が比較的低い設定で実現することができます、しかし、スムーズな輪郭プロットを得るために非常に大きいナンバー（30, 000 のオーダー）が必要かもしれません。これらの値もフロードナンバーによります。

### Free surface wave height vertical exaggeration

垂直誇張の変更によって、波パターンの表示を誇張することもできます。

波パターンが計算された後に、波パターンを再計算しなくても誇張要素が変更できます。これをするために、数値を編集した上で、**OK** の代わりに **Cancel** でダイアログを閉じます。これはフリーサーフェスを再計算しないで、拡大を応用するでしょう。

### 波パターン表示

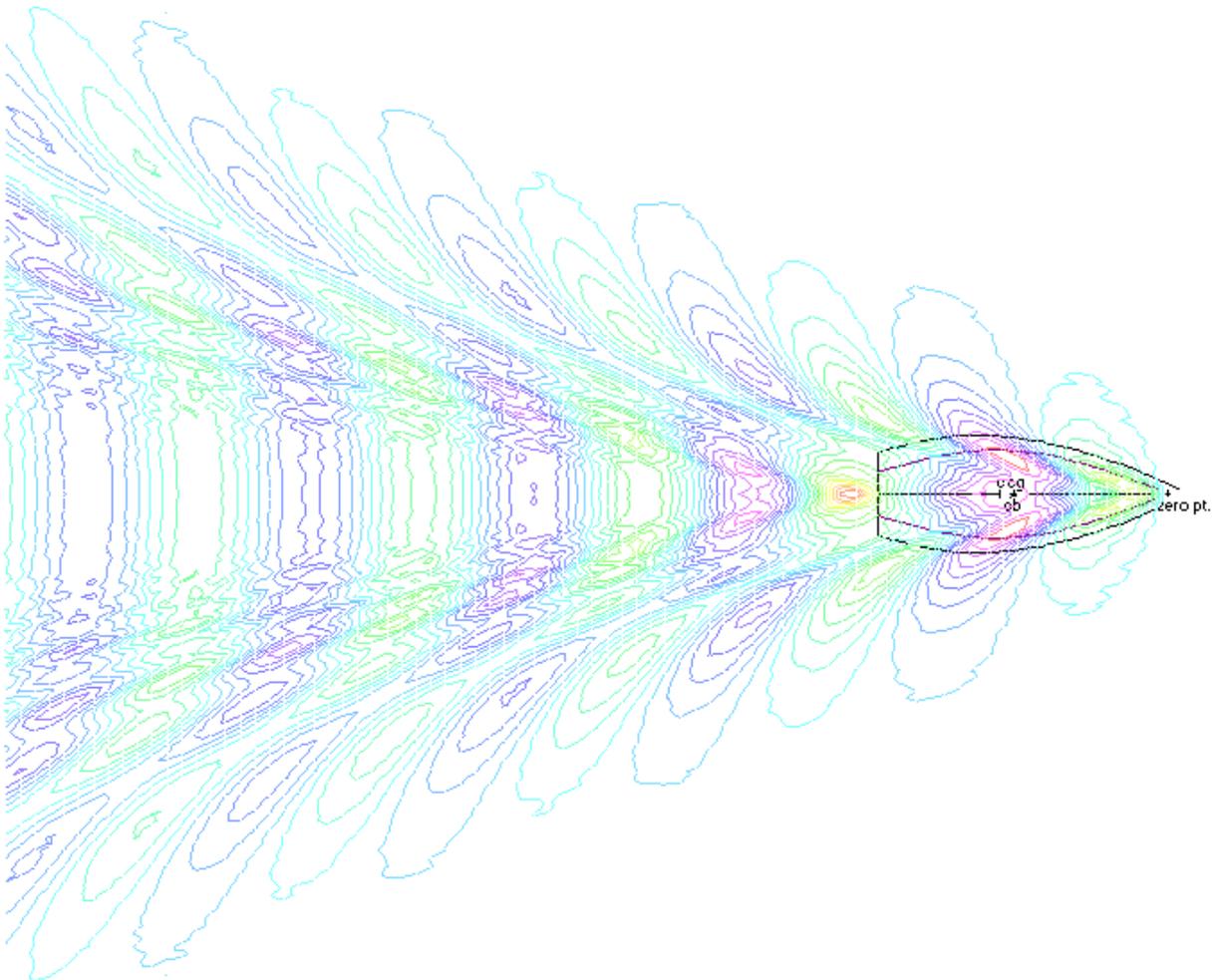
波パターンは MAXSURF Resistance のいろんなところですべてのビューアウィンドウに表示されるかもしれませんが。この表示オプションは Frontmost ビューアウィンドウにより存在し、表示ウィンドウからも選択可能です。

#### 2D view

2D ビューアウィンドウで、Plan, Profile または Body Plan、下記の表示ができます

- 波グリッド
- 波輪郭、等尺性立面図線

下記の画像は平面ビューに単胴船等尺性立面図輪郭の例です。

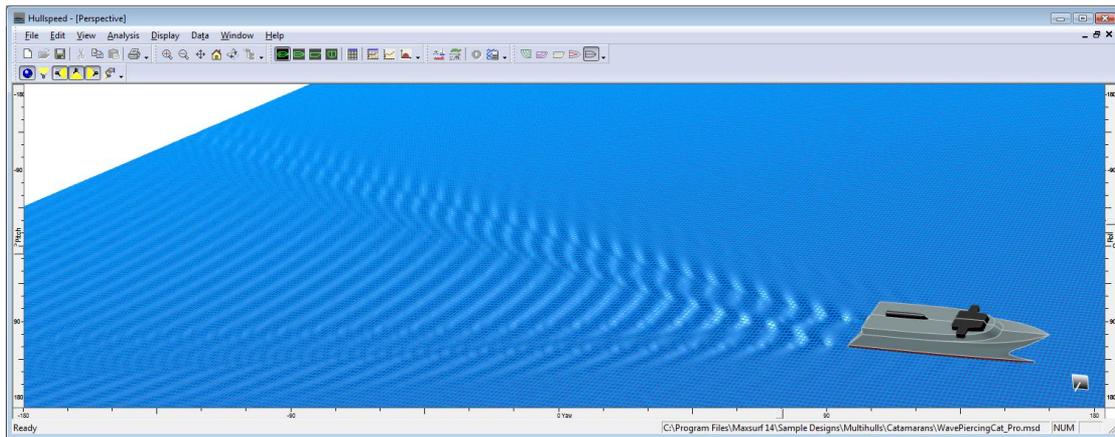


### 3D view

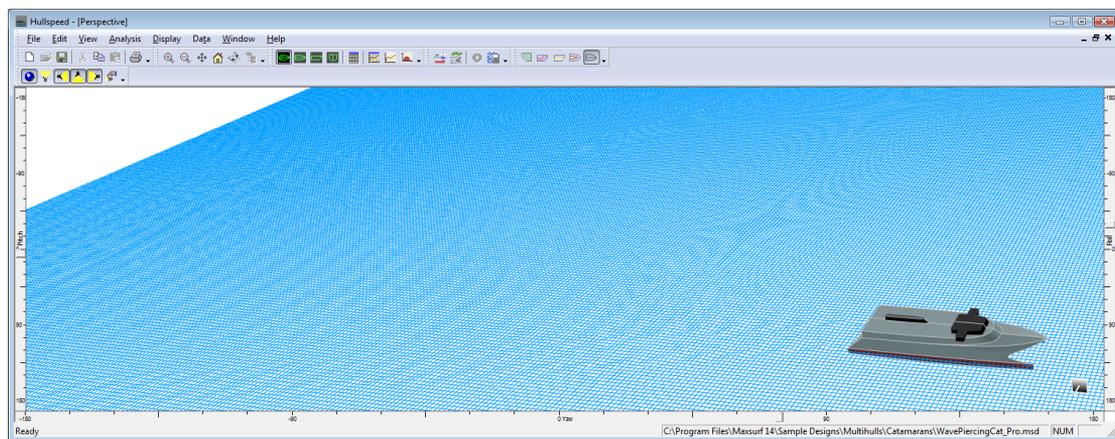
3D ビュー透視図ウィンドウに、フリーサーフェス波パターンのレンダリング付きーレンダリングなし（表示|レンダリング）の表示オプションがあります。

もちろん付加で表示できます

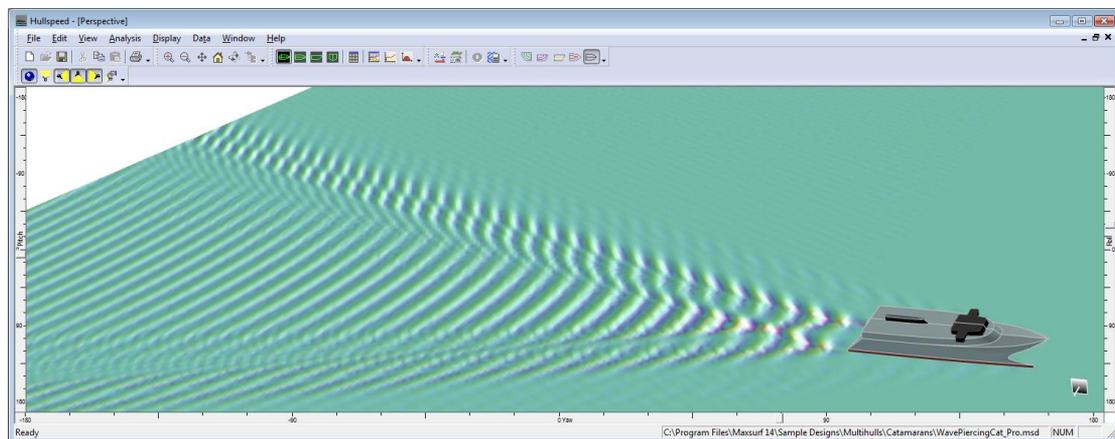
- 固体波レンダリング、Render を付けた状態のみ



海の色をつけた波と波グリッドのレンダリング



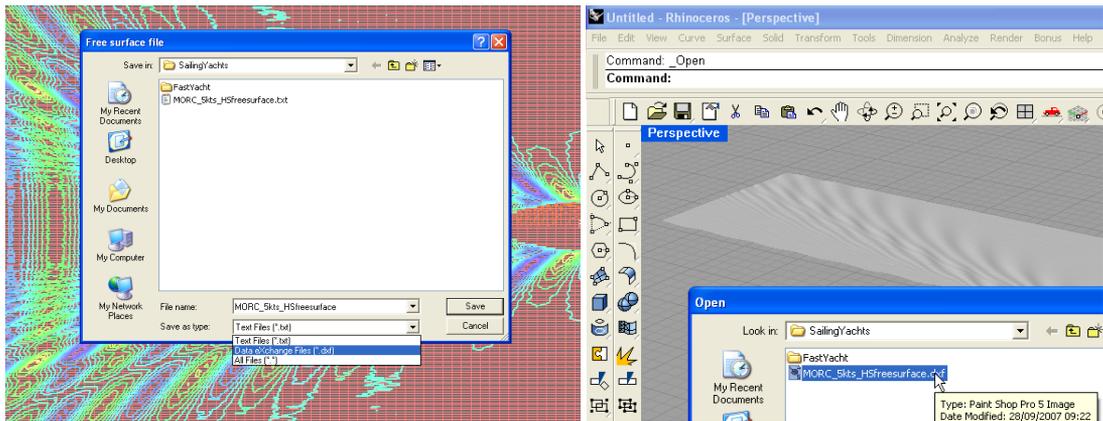
波グリッドだけのレンダリング



波の偽り色のレンダリング 海の色はオフにしてあります。

## 波パターンの保存と読み込み

波パターンの計算が非常に時間がかかるから、ファイルメニューから保存と再ロードができます。このファイルは二つのフォーマットに保存できます：まず、ユーザが（例えば）波カットを作るため、他のアプリケーションデータをロードできるように比較的簡単なテキストフォーマットです、このデータは MS Excel にロードしやすいように定められています。その他、このファイルは DXF メッシュファイルとして保存されるかもしれませんが—いずれも例のように Rhino3D でレンダリングができます。



## 波パターンテキストファイルフォーマット

このファイルのフォーマットは下記のように：

最初のナンバーはファイルフォーマットバージョン（1）。二つ目はミラーかどうか（0 反映されない；1 反映される）を示します。

次の二つのラインはそれぞれ経度と横方法にポイントのナンバーを与えます。

残りのデータはグリッド（これは Excel でデータを見るときに明らかになっているはず）に基づいています。最初のラインはグリッドのために横位置のリストです（左舷から右舷まで）。次のラインはフリーサーフェスの立面図が続いてフリーのサーフェスグリッドポイントでそれから（船尾からスタート前向き進む）最初のコラムにおける経度の位置を与えます。すべての測定は MAXSURF モデルゼロポイントと比較してあって、最新の長さユニットにあります。

波パターンを通した横カットは、シングル行を見るより作られます、そして、縦カットはシングル列を見るより作られます。

テーブル一番下の二つの最終ラインは、波パターンを計算するために使われるモデルとスピードの詳細を与えます。

## 波パターン計算の精度

波パターンを計算するために必要とされる数値的な方法のいくつかの特徴は、波提供力の計算より正確でないようにします。最小これらだけではなく、波抵抗力の計算はフリーサーフェスに1つシングルグリッドポイントの波パターンの計算と同じです。また、抵抗力の計算例に、統合化されるべき機能はよりスムーズであって、そしてもっと多くの正確さと統合することができます。Free Surface Calculation Parameters ダイアログに「Integration precision」オプションはメイン実行されるインテグレーション、そしてこれが計算された波パターンの順調さと正確さに影響を与える精度をコンとロースします。正確な結果のために、50,000 以上であるべきです、そしてほとんどの場合 100,000 を使うことはお勧めです。しかし、評価されたグリッドポイントのナンバーによってこれは 3GHz Pentium4 のマシンで数十秒がかかります。

## 第 2 章 MAXSURF Resistance を使う

それで、波パターンの計算は一般にプレゼンテーション目的、或はありそうな波パターンの表示が必要とされる場所に使われます。これは波パターンの正確さが船尾の複数の船の長さより高いので、船に特に本当より近いです。

## MAXSURF Resistance での力予測

船舶設計者に関係のある様々な異なった力があります。

### 有効馬力 (ehp)

ある速さで水中で何も付いていない状態のハルを押す力。これは、何も付いていない状態のハル抵抗と船の速度から得られます。ハル付属物を含む対応する値は  $ehp'$  と呼ばれます。ここで、

$$1 / \text{付属物係数} = ehp / ehp'$$

### 推進馬力 (thp)

これはプロパルサーによって生み出される推進馬力です。プロペラの場合は、プロペラ推進  $T$  とプロペラ  $V_1$  への流入速度によって得られます。

Ehp の thp に対する比は、ハル効率として知られており、ほとんどの船体についてほぼ同じ値です。これは Taylor 航跡係数（または割合）と抵抗の増加、または Froude 航跡係数と推進減少係数として表すことができます。

$$\text{ハル効率 } \eta_H = ehp' / thp$$

### 伝達馬力 (dhp)

これは、プロペラで船を推進させるときにプロパルサーに伝達される力です。プロパルサーが開放系の水中で作動するときには  $dhp'$  となります。

プロペラ開放水系効率  $\eta_o = thp / dhp'$ ; 通常のプロペラに対してはこれは 50% – 70% の桁となります。

$$\text{相対回転効率 } \eta_R = dhp' / dhp$$

### シャフト馬力 (shp)

これは船全体をプロペラ推進させるのに必要な力です。伝達馬力に比べると、これは伝達装置でのロスに依存します。

$$\text{シャフト伝達効率} = dhp / shp$$

### 推進係数 (PC)

効率馬力のシャフト馬力に対する比が推進係数です。

$$PC = \eta_H \eta_o \eta_R \text{ シャフト伝達効率} / \text{付属物係数}$$

### 擬似推進係数(QPC)

伝達ロスを無視すると、有効馬力の伝達馬力に対する比が擬似推進係数になります。

$$QPC = \eta_H \eta_o \eta_R / \text{付属物係数}$$

MAXSURF Resistance によって与えられる力の計算は単に、抵抗、速度および効率の計算結果です。効率はユーザーによって指定され、その同じ効率を使ってスピード範囲全体に対して力を計算します。

$$P = \frac{R \cdot V}{\eta}$$

ここで

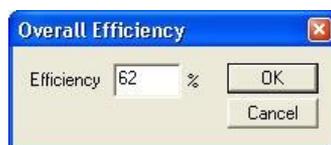
$V$  は船の速度

$\eta$  は効率

$R$  は抵抗

使うべき効率はどの力に着目しているかによります。例えば、有効力を求めたいなら、効率は同じです。シャフト力を求めたいなら、効率は、プロパルサー効率、ハル効率、相対回転効率、付属物係数およびシャフト伝達ロスを考慮する推進係数（PC）となります。これらの効率やそれらの計算方法について解説している資料がたくさんあります。

力計算はユーザーによって指定された効率を使用します。その同じ効率がすべてのスピードに対して使われます。Data メニューから Efficiency を選択して効率を変更することができます。効率は%で入力されます。



## 第3章 MAXSURF Resistance リファレンス

---

本章は MAXSURF Resistance で使われるウィンドウ、ツールバー、メニューコマンドを要約し、さらに用語解説、参考文献を紹介します。

- [ツールバー](#)
- [メニュー](#)

## ウィンドウ

---

MAXSURF Resistance はさまざまなウィンドウを使います。

### View ウィンドウ

---

MAXSURF Resistance は MAXSURF 中のウィンドウとまったく同じ四つのビューウィンドウを持ちます。

### Data ウィンドウ

---

選択した方法に使われる入力データを表示します。この入力データは MAXSURF デザインより計測されるかもしれない、手動で入力されるかもしれません。解析に使われるデータで、MAXSURF デザインから計測されるか、手動で入力されます。

### Graph ウィンドウ

---

ハルの予測馬力もしくは抵抗をスピードとフルード数に対して作図したもの。  
[Results Graph](#)を見てください。

### Results ウィンドウ

---

抵抗と馬力の予測結果の数値表で、スプレッドシートにコピーするのに適しています。  
[Results Table](#)を見てください。

## ツールバー

MAXSURF Resistance の Windows 版では、よく使用されるメニューコマンドが、ツールバー上にアイコン表示されたコマンドボタンとして配置されています。アイコン上にマウスを移動し、そこにマウスを置いておくと、そのアイコンの機能を知らせるポップアップヒントが表示されます。

### File ツールバー



File ツールバーには、以下に示される各メニューコマンドを示すアイコンが配置されています。

New Data – Open Design – Save Design | Cut - Copy - Paste | Print Preview

### View ツールバー



View ツールバーには、以下に示される各メニューコマンドを示すアイコンが配置されています。

Zoom – Shrink – Pan – Home View

Rotate コマンドは Perspective ウィンドウのみで利用可能となります。Assembly ウィンドウは MAXSURF Resistance で利用できません。

### Contour ツールバー



Contours ツールバーには、以下に示される各メニューコマンドを示すアイコンが配置されています。

Sections – Buttocks – Datum WL – Waterlines – Edges

### Analysis ツールバー



Analysis ツールバーには、解析法を選択するためのアイコンと、slender body 法（細長体理論）の場合に解析を開始するアイコンが含まれます。

Analysis methods – Speed range | Solve (for slender body method only) – Calculate free surface

### Window ツールバー



Window ツールバーには、以下に示される各ウィンドウを前面に表示させるアイコンが配置されています。

Perspective – Plan – Profile – Body Plan – Data – Results – Graph

### Render ツールバー



### 第 3 章 MAXSURF Resistance リファレンス

Render ツールバーにはパースペクティブビューで MAXSURF モデルをレンダリングするアイコンが含まれます。

Render on/off – Light 1 – Light 2 – Light 3 – Light 4 – Light properties

## メニュー

---

MAXSURF Resistance はファイル、編集、ウィンドウ操作に関して Windows の標準メニューコマンドを使っています。

- [File メニュー](#)
- [Edit メニュー](#)
- [View メニュー](#)
- [Analysis メニュー](#)
- [Display メニュー](#)
- [Data メニュー](#)
- [Windows メニュー](#)
- [Help メニュー](#)

## File メニュー

---

File メニューには、ファイルを開く、保存する、データのインポートやエクスポート、印刷などに使用するコマンドが用意されています。

### Open Design

---

Open Design を選択すると、MAXSURF ファイルを読み込みます。

### Close Design

---

Close Design を選択すると、MAXSURF ファイルを閉じます。なお、MAXSURF Resistance の MAXSURF デザインを編集できない時点から、この MAXSURF ファイルが保存できなくなります。

### New Measurement Data

---

New Measurement Data を選択すると、現行の計測データをクリアにして、新しいデータに備えます。現行のデータが最後の保存したものから変更が加えられている場合、ダイアログボックスが現れ現行のデータを保存するかを聞いてきます。もしそこで Yes を選択すると、現行のデータはクリアされる前にディスクに保存されます。

### Open Measurement Data

---

MAXSURF Resistance で以前に保存されたデータを読み込みます。

### Close Measurement Data

---

現行の計測データを閉じます。閉じる前にダイアログボックスが現れ、現行のデータを保存するかを聞いてきます。もし Yes を選択すると、現行データはディスクに保存されます。

### Save Measurement Data

---

計測データをファイルに保存します。New Measurement Data を選択した後にデータが変更されていると、MAXSURF Resistance は新しいファイル名称の入力を促します。

### Save Measurement Data As

---

現行のデータを異なるファイル名（ユーザー指定）で保存します。

---

### Open Free Surface

---

フリーサーフェス波パターンが計算され、事前に保存された場合、再計算を省くために、このコマンドで再開されるかもしれません。

---

### Save Free Surface As

---

フリーサーフェス波パターンが計算された場合、テキストファイルか DXF メッシュファイルとして保存できるかもしれません。このフリーサーフェスファイルはシンプルファイルであり、波カットを表すためにエクセルや他のアプリケーションにもインポートできます。[波パターンの保存と読み込み](#)を見てください。

---

### Export Bitmap Image

---

他の MAXSURF アプリケーションと同じ、このコマンドはレンダリングパスビットマップファイルの出力に使えるかもしれません。

---

### Page Setup

---

Page Setup では、用紙のサイズや向きを変更するために使います。

---

### Print

---

Print を選択すると、MAXSURF Resistance ウィンドウの一番前に表示されている内容が印刷されます。詳細は MAXSURF マニュアルを見てください。

---

### Exit

---

MAXSURF Resistance を閉じます。もし保存されていないデータが開いた状態であったら、MAXSURF Resistance はそのデータを保存するかどうかをユーザーに聞きます。

---

## Edit メニュー

---

Edit メニューには、データのコピー・ペースト、および表で作業するコマンドが用意されています。

---

### Undo

---

Undo は Data ウィンドウでの最後の変更を取り消すように使います。

---

### Cut

---

Cut は MAXSURF Resistance では使えません。

---

### Copy

---

MAXSURF Resistance ウィンドウにあるデータをコピーできます。Data および Results ウィンドウでは、コピー、選択してコピー、或は Ctrl+C したい行と列をハイライトします。

行と列のタイトルもコピーしたい場合は、シフトキーを押しながらコピーします。コピーしたデータはスプレッドシートやワープロなどの他のアプリケーションに貼り付けることができます。

---

### Paste

---

スプレッドシートなどのデータをコピーして Data ウィンドウに貼り付けることができます。

## View メニュー

---

View メニューには、描画ウィンドウとデータウィンドウ内での表示設定を行うコマンドが用意されています。

### Zoom

---

Zoom コマンドは、最前面のウィンドウに表示された特定の領域を、画面一杯に拡大表示するのに使用します。拡大表示を行うには、拡大したい部分をドラッグによって領域指定します。

### Shrink

---

最前面のウィンドウの表示スケールを現在の半分にして、デザインを縮小表示します。

### Pan

---

最善面のウィンドウに表示されたデザインの表示領域を移動させます。

### Home View

---

Home View を選択すると、イメージをホームビューのサイズに戻します。MAXSURF Resistance はホームビューのデフォルト値としてビューウィンドウの設定をとりまします。しかしホームビューは Set Home View コマンドを選択することによりいつでも設定し直すことができます。

### Set Home View

---

ホームビューの設定を現在のビューに設定します。

ホームビューの設定のために、Zoom、Shrink、Pan を使いビューの変更を行ってから Set Home View を View メニューから選択してください。

### Rotate

---

Rotate コマンドを起動させ、これは、Perspective ビューの中で仮想トラックボールのデザインを自由に回転できます。

### Colours and Lines

---

カラー機能により馬力/抵抗グラフで使われているカラーや MAXSURF デザインの表示のためのコンター線のカラーを設定することができます。Results Graph や Perspective ウィンドウが画面の前面にある場合のみ使用可能です。

MAXSURF Resistance はカラーホイールとスクロールバーを使って色と彩度を設定するためにアイテムのリストを表示します。これらの表示アイテムは、最前面のウィンドウに依存しています。

### Font

---

Font コマンドによって、最前面のウィンドウ内のテキスト書体（フォント）とサイズを設定できます。

### Toolbars

---

どのツールバーを表示するかを選択を行うファンクションです。詳しくは [ツールバー](#) を参照。

### Status Bar

---

メインウィンドウ下端のステータスバーを表示するか隠すかの選択を行うファンクションです。ステータスバーには、ウィンドウ内容の情報、マウスを動かした場合のコマンドの簡単な説明、およびコントロールキーの状態が表示されます。

## Analysis メニュー

---

Analysis メニューには解析パラメータを設定し解析を開始するコマンドが含まれます。

### Methods

---

Methods を選ぶと、ダイアログボックスが現れ、どの解析手法を使うかの選択が行えます。選択された手法はその手法に必要なデータと共に保存されます。

### Speeds

---

Speeds を選ぶと、ダイアログボックスが現れ、解析が行われるスピード範囲の設定が行えます。

### Efficiency

---

Efficiency を選ぶと、ダイアログボックスが現れ、船舶の馬力  $P$  を抵抗  $R$  から計算するために使われる効率  $\eta$  を設定します。

$$P = \frac{R \cdot V}{\eta}$$

ここで、 $V$  は船速。

効率はパーセンテージで入力します。

### Measure Hull

---

Measure Hull を選ぶと必要なデータを現在読み込まれている MAXSURF ファイルから計算します。ユーザーは計測の過程で含みたいサーフェスの選択を行うよう促されます。ヨットのようなデザインではラダーやキールのような付属物を定義するサーフェスは含まれないことを推奨します。

このオプションが選択されると、すでにユーザーにより入力されていたデータは計測データにより上書きされます。

### SB Analysis Geometry

---

サーフェスがセットアップされ、バウンディングボックスが Slender body メッシュの計算に使われます。使用するセッションの数と引かれたメッシュの色も指定できます。

### Solve Resistance Analysis

---

細長体法以外の全ての解析手法は、いずれかの解析パラメータが変更されると同時に再計算されます。細長体解析法の計算速度は他の手法に比べ非常に遅いので、ユーザーは Solve Resistance Analysis を選択することにより、解析の開始を MAXSURF Resistance に指示しなければなりません。

### Calculate Free Surface

---

細長体法を使って、船舶が指定されたスピードで生成した波パターンを計算します。

## Display メニュー

Display メニューには、描画ウィンドウ内に表示させる各図形要素の表示の有無を設定するオプションが含まれています。

### Graph Type

馬力 vs 船速、抵抗 vs 船速、抵抗係数 vs 船速のいずれかのグラフを Results Graph ウィンドウで表示する選択が行えます。

抵抗係数 vs 船速の場合、y 軸は 1000 を乗じたものになります。

### Contours

デザインビューでどのコンター線を表示させるかの選択を行うことができます。

### SB Mesh

表示メニュー中の SB Mesh コマンドは、Slender Body 方法でハルサーフェスを表示します。メッシュパラメータは、Analysis メニュー中の SB Analysis Geometry コマンドで修正されるかもしれません。詳細は [Wave Pattern](#) をご覧ください。

### Wave Grid

長方形のワイヤーフレーム、グリッドを表示し、波パターンの高さが計算されたところグリッドでポイントを接続します。

### Wave Contours

計算したフリーサーフェスのため、相等波高さの等高線を表示します。

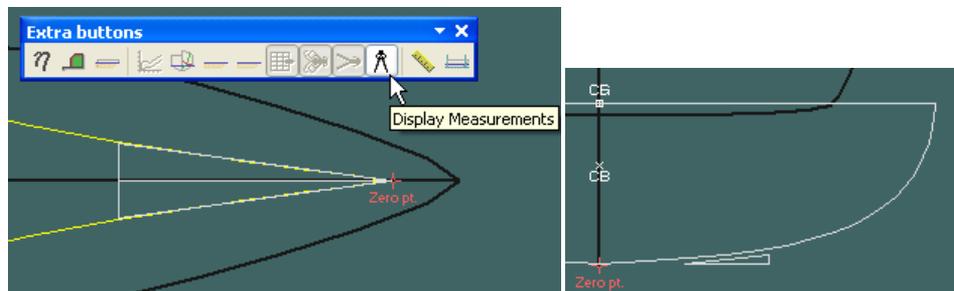
### Wave Solid Render

レンダモードで、Wave Solid Render を選択すると、レンダリングされたフリーサーフェスがシェイディングされます。波グリッドの表示が付けると、よりよい結果は達成します。

この機能は、レンダリングのスイッチがオンに選択された状態で、Perspective ウィンドウのみで可能となります。

### Measurements

このコマンドにより、エントランスと船底勾配測定の半角度の表示を消すことができます。



### Render

Render コマンドは、Perspective ウィンドウが選択されている時のみ選択できます。

Render を選択すると読み込まれたデザイン上の陰線処理、シェイディング、偽色彩法が行われます。フリーサーフェスが計算された場合もレンダされます。

レンダリングは **Perspective** ウィンドウのみで可能となります。

## Data メニュー

---

Data メニューにはハル抵抗の計算に使われるデータを変更するためのコマンドが含まれています。

### Units

---

長さ、質量、スピード、力、馬力のデフォルトの単位を **Units** メニューから選択できます。デフォルトの単位を変更すると、**Data**、**Results**、**Graph** の各ウィンドウのデータがそれに対応します。密度以外の **Data** はサフィックスを加えることにより非デフォルト値として入力できます。

### Frame of Reference

---

解析を行う喫水をユーザーが変更することができます。

## Windows メニュー

---

Window メニューにリストされた各ウィンドウは、メニューから選択することで、いつでも最前面に表示させることができます。

### Cascade

---

Cascade コマンドは、表示中のウィンドウ全てが一部だけ見えるよう、画面一杯に重ねて整列させます。

### Tile Horizontal

---

表示されている全てのウィンドウを画面上に横に並べます。

### Tile Vertical

---

表示されている全てのウィンドウを画面上に縦に並べます。

### Arrange Icons

---

アイコン化されたウィンドウのアイコンを MAXSURF Resistance ウィンドウの下端に再整列させます。

### Data

---

Data ウィンドウを表示します。

### Results

---

Results ウィンドウを表示します。

### Perspective

---

Perspective ウィンドウを表示します。

### Plan

---

Plan ウィンドウを表示します。

### Profile

---

Profile ウィンドウを表示します。

## **Body Plan**

---

Body Plan ウィンドウを表示します。

## **Graph**

---

グラフウィンドウを表示します。[Results Graph](#)を見てください。

## **Help メニュー**

---

MAXSURF Resistance のオンラインマニュアルへのアクセスを行えます。

## **MAXSURF Resistance ヘルプ**

---

MAXSURF Resistance .pdf マニュアルを表示します。

## **MAXSURF Resistance Automation Reference**

---

自動参考文献ヘルプシステムを起動。

## **Online Support**

---

インターネット上で広範囲のサポート資源をアクセス利用できるように提供します。

## **Check for Updates**

---

最新版をリストして、私たちのウェブサイトをアクセスできるように提供します。

## **About MAXSURF Resistance**

---

現在使用中の MAXSURF Resistance のバージョンおよび診断用情報を表示させたいときに使用します。



## 第 4 章 技術的リファレンス

---

この章はこのマニュアルで使われる用語や略語のリストを含み、MAXSURF Resistance で使われるすべての抵抗予測方法の文字的なリストを提供します。

- [用語解説](#)
- [参考文献](#)

## 用語解説

---

ここでは、このマニュアルで利用されているキーワードと略語について解説します。

### Half Angle of entrance

---

1/2 侵入角  
浮面の中心線とハル先端が成す角度。

### Appendage Area

---

付属物面積  
付属物の接水面積で、付属物の抵抗計算に使われる。0 に設定すると付属物の抵抗は無視される。

### Appendage Length, nominal

---

付属物有効長さ  
付属物が使われる際のレイノルズ数を計算するのに使われる。このレイノルズ数は付属物の摩擦抵抗を ITTC1957 の算定式によって計算する際に使われる。

### Appendage Factor

---

付属物係数  
付属物の抵抗を予測するための要素。1.0 から 3.0 の間の値となる。

### Beam

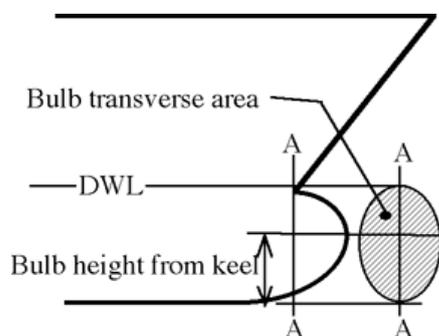
---

ビーム  
水面下の最大ハル幅。

### Bulb Height from Keel

---

キールラインからステム上の喫水線部における球状船首横断面面積中心までの高さ。



### Bulb Transverse Area

---

球状船首横断面面積  
ステム上の喫水線部における球状船首の横断面面積。

### Correlation Allowance

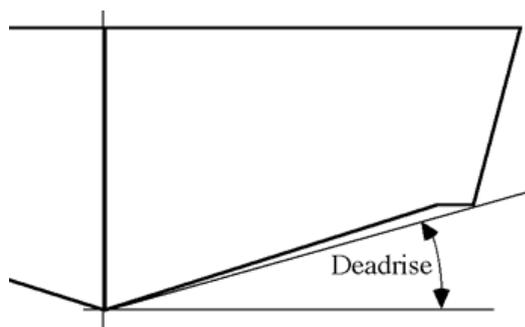
---

相関許容値  
模型試験と実船試験の間の相関を表す要素。

### Deadrise at 50% Lwl

---

ハル中央で測るデッドライズで、セクションのハルと水平線の成す角。



### Density, Air

周囲温度に対する空気密度。15°Cで 1.293kg/ m<sup>3</sup>。

### Density, Sea

適当な周囲温度と塩分濃度における海水の密度。ITTC1967による 15°Cの塩水（3.5%塩分）の密度は 1025.9 kg/m<sup>3</sup>。

### Displaced Volume

ハルの海水排水容積。

### Draft

喫水

ハル最大水面下深さ。

時々「喫水」とも呼ばれます。

### Draft at FP

FPにおける喫水。この値を 0 にしておくと、MAXSURF Resistance は ‘draft’ の値と同じと判断します。

### Drag Coefficient

抵抗係数

風圧抵抗を計算するための抵抗係数。0.8 から 1.2 の間に収まるとみなしている。

### Efficiency

$$P = \frac{R \cdot V}{\eta}$$

抵抗から算定される船舶馬力を計算するための効率。

### Frontal Area

前方投影面積

船舶を前から見た場合の計画喫水線より上の投影面積。0 に設定すると風圧抵抗は無視されます。

### Froude Number

$$F_n = \frac{V}{\sqrt{gL}}$$

計測速度の無次元値：

長さ  $L$  が一般的に使われますが、船速によって水線長が変化する滑走型船型のように、不適当な場合もあります。そのような場合は、ビームや喫水を”長さ”として使うこともあります。

---

### Kinematic Viscosity

---

海水の動粘性係数。ITTC1967による15°Cの塩水(3.5%塩分)の動粘性係数は  $1.18831 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ 。

---

### LCG from midships

---

ハル中央から測った重心の長手方向距離。前方を正とする。つまり、中央から後方の LCG 1.5m は -1.5m と入力します。

---

### Length / Lwl

---

計画喫水線で測ったハル長さ。

---

### Maximum Sectional Area

---

ハルが静止している状態での最大水面下断面積。

---

### Prismatic Coefficient

---

プリズマ係数

水面下長さと最大断面積の積で表される体積とハルの水面下容積との比で、次の式で表されます：

$$C_p = \frac{V}{L \cdot A_x}$$

---

### Transom Area

---

トランサム面積

ハルが静止している状態でトランサムの水面下にある断面積。

---

### Transom Beam

---

トランサムの水面下最大幅。

---

### Transom Draft

---

トランサムの最大喫水。

---

### Water plane Area Coefficient

---

水線面積係数

ハル長さと幅の積で表される面積と浮面積との比で、次の式で表されます：

$$C_{WP} = \frac{A_{WP}}{L \cdot B}$$

---

### Wetted Area

---

ハルの浸水面積。細長体法のために、浸水面積は摩擦と粘性抵抗係数のみの計算に使われます；波抵抗力は、サーフェイスもモデルより直接計算されます。

浸水面積は、グラフィックウィンドウの中に示される抵抗係数の計算にも使われています。

**Volume Froude Number**

---

船速の無次元値で排水量の3乗根から求めたもの：

$$F_n = \frac{V}{\sqrt{g\nabla^{1/3}}}$$

## 参考文献

---

**Donald L. Blount and David L. Fox "Small-Craft Power Prediction"**

Marine Technology, vol 13, No.1, January 1976, pp.14-45.

**Compton, R. "Resistance of a Systematic Series of Semi-Planing Transom-Stern Hulls"**

Marine Technology, v23, No.4, October 1986.

**Couser, P., Wellicome J.F. and Molland, A.F., "An improved method for the theoretical prediction of the wave resistance of transom-stern hulls using a slender body approach"**

International Shipbuilding Progress, vol. 45, No. 444, 1998.

**Couser, P. "An investigation into the performance of high-speed catamarans in calm water and waves."**

PhD thesis, Department of Ship Science, University of Southampton. May 1996.

**Fung, S.C. and Leibman, L. "Revised Speed-Dependent Powering Predictions for High-Speed Transom Stern Hull Forms"**

FAST '95: Third International Conference on Fast Sea Transportation, Lubeck-Travemunde, September 1995.

**Gerritsma, J. et al - "The Delft Systematic Yacht Hull Series II experiments"**

10th Chesapeake Sailing Yacht Symposium, 1991, Annapolis.

**Gerritsma, J. et al - "Sailing Yacht Performance in Calm Water and in Waves"**

November 1992.

**Holtrop, J. - "A Statistical Analysis of Performance Test Results"**

International Shipbuilding Progress, February 1977.

**Holtrop, J. - "Statistical Data for the Extrapolation of Model Performance Tests"**

Netherlands Ship Model Basin (NSMB) Paper 588, May 1978.

**Holtrop, J. and G.J. Mennen - "A Statistical Power Prediction Method"**

NSMB Paper 603, October 1978.

**Holtrop, J. and G.G.J. Mennen - "An Approximate Power Prediction Method"**

NSMB Paper 689, July 1982.

**Holtrop J. - "A Statistical Re-analysis of Resistance and Propulsion Data"**

International Shipbuilding Progress, Volume 31, No. 363, November 1984

**Insel M., "An Investigation into the Resistance Components of High Speed Displacement Catamarans"**

University of Southampton, Ph.D. Thesis, 1990 also available from:

<http://www.gidb.itu.edu.tr/staff/insel/Publications/phd.htm> (Jan 2005)

**Lahtiharju, E. et al. - "Resistance and Seakeeping Characteristics of Fast Transom-Stern Hulls With Systematically Varied Form"**

SNAME - Transactions (1991) v99

**Lewis, E.V. - "Principles of Naval Architecture" Volume II**

The Society of Naval Architects and Marine Engineers, 1988.

**Michell, J.H. "The wave resistance of a ship".**

Philosophical Magazine (5), vol 45, pp 106-123. 1898

**Michlet**

Wave resistance prediction software, available from <http://www.cyberiad.net/michlet.htm> (Jan 2005)

**Molland, A.F., Wellicome, J.F. and Couser, P.R. “Resistance experiments on a systematic series of high-speed displacement catamaran forms: Variations of length-displacement ratio and breadth-draft ratio.”**

Transactions, Royal Institution of Naval Architects, 138A. 1996.

**Molland, A.F., Karayannis, T., Taunton, D.J. and Sarac-Williams, Y. “Preliminary Estimates of the Dimensions, Powering and Seakeeping Characteristics of Fast Ferries.”**

Eighth International Marine Design Conference, IMDC 2003, Athens, Greece, May, 2003.

**Molland, A.F., Lewthwaite, J.C., Wilson, P.A. and Taunton, D.J. “An investigation into the hydrodynamic characteristics of a high-speed partial air cushion supported catamaran (PACSCAT).”**

International Conference on Fast Sea Transportation, FAST’2005, June 2005, St.Petersburg, Russia

**Oortmerssen, G. - "A Power Prediction Method and its Application to Small Ships"**

International Shipbuilding Progress, vol 18 , No.207 1971

**Radojcic, D. - "A Statistical Method for Calculation of Resistance and Trim of the Stepless Planing Hull"**

International Shipbuilding Progress- December 1984.

**Savitsky, D. - "Hydrodynamic Design of Planing Hulls"**

Marine Technology, October 1964.

**Savitsky, D. and W. Brown - "Procedures for Hydrodynamic Evaluation of Planing Hulls in Smooth and Rough Water"**

Marine Technology, October 1976.

**Todd, F. - "Series 60 Methodical Experiments with Models of Single Screw Ships"**

TMB report 1712, DTRC, 1963.

**Tuck, E.O. “Computation and Minimisation of Ship Waves”**

ICIAM03, Sydney, 7-11 July 2003. Chapter 17 in SIAM Proceedings in Applied Mathematics 116, edited by James M. Hill and Ross Moore, SIAM 2004.

**Tuck, E.O. “Wave Resistance of Thin Ships and Catamarans”**

Unaltered October 1997 reprint of internal report T8701, First produced January 1987.

**Tuck, E.O, Luzauskas, L. – “Optimum spacing of a family of multihulls”**

Ship Technology Research, 45 (1998) 180-195

**Tuck, E.O, Scullen, D.C. and Luzauskas, L. “Ship-Wave Patterns In The Spirit Of Michell”**

Proceedings IUTAM Symposium Free Surface Flows, Birmingham (2000)

**Tuck, E.O, Scullen, D.C. and Luzauskas, L. “Wave Patterns and Minimum Wave Resistance for High-Speed Vessels”**

24th Symposium on Naval Hydrodynamics, Fukuoka, JAPAN, 8-13 July 2002

**Tuck, E.O, Luzauskas, L. and Scullen, D.C. - “Sea Wave Pattern Evaluation. Part 1 Report: Primary Code and Test Results (Surface Vessels).**

Applied Mathematics Department, The University of Adelaide. 30 April 1999 also available from: <http://www.cyberiad.net/library/pdf/tls99.pdf> (January 2005)

**Tuck, E.O, Scullen, D.C. and Luzauskas, L. “Sea Wave Pattern Evaluation. Part 3 Report: Near-Field Waves”**

Applied Mathematics Department, The University of Adelaide. 31 January 2000

**Tuck, E.O, Scullen, D.C. and Luzauskas, L. “Sea Wave Pattern Evaluation. Part 4 Report: Extension to Multihulls and Finite Depth”**

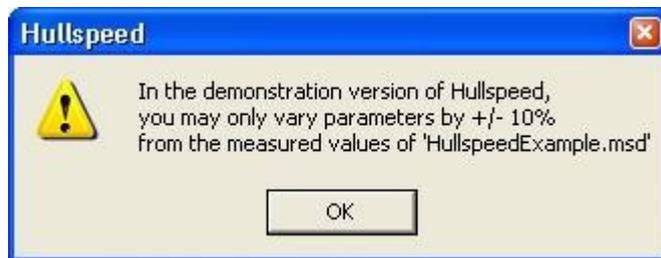
Applied Mathematics Department, The University of Adelaide. 19 June 2000

## 付録 A - デモンストレーション版

MAXSURF Resistance のデモ版は 2 つのサンプルモデルだけに固定されているということに注意して下さい。

1. MAXSURF Resistance Sample\_Workboat.msdx MAXSURF Resistance のデモンストレーション版を起動すると、このモデルが自動的に開かれます。このモデルは以下に保存されています。  
C:\Program Files\MAXSURF Demo\Sample Designs
2. The MORCYacht\_1Surface.msdx このモデルは以下に保存されています。  
C:\Program Files\MAXSURF Demo\Sample Designs\SailingYachts

MAXSURF Resistance 入力データはサンプルデザインの値の +/-10% の範囲内で変更することができます。もしいずれかのデータの値がその範囲を超えて変更されると、警告が発せられ、抵抗予測は行われず、“calc.”が Results 表に表示されます：





## 付録 B - 適用範囲

各アルゴリズムは特定の船型のために作られていますので、想定された条件が満たされている場合に最も精度が高くなります。それらの条件とは、以下のものです。

- [Hullshape](#)
- [速度](#)
- [ハル寸法](#)

### Hullshape

Hullshape は、特定の方法が特定のデザインに適用できるかどうかを決定する際に、非常に重要です。抵抗予測方法について、完全な知識が必要です。MAXSURF Resistance でそれぞれ利用可能の方法に関連書類を見つけるために、[参考文献](#)を見てください。

### 速度

抵抗予測アルゴリズムは特定の速度域に対してのみ有効となります。それらの範囲は：

アルゴリズム:	低速限界	高速限界
Savitsky (pre-planing)	$F_{nV} = 1.0$	$F_{nV} = 2.0$
Savitsky (planing)	$F_{nb} = 1.0$	なし、下記の注意参照
Blount and Fox	$F_{nV} = 1.0$	なし、下記の注意参照
Lahtiharju (round bilge)	$F_{nV} = 1.5$	$F_{nV} = 3.8$
Lahtiharju (hard chine)	$F_{nV} = 1.5$	$F_{nV} = 5.0$
Holtrop	0.0	$F_{nL} = 0.80$
Van Oortmerssen	0.0	$F_{nL} = 0.50$
Series 60	$F_{nV} = 0.282$	$F_{nV} = 0.677$
Delft	0.0	$F_{nL} = 0.75$
Compton	$F_{nL} = 0.1$	$F_{nL} = 0.6$
Fung	$F_{nL} = 0.134$	$F_{nL} = 0.908$
Slender Body	0.0	Up to $F_{nL} \approx 1.0$ 細長比による

MAXSURF Resistance はいくつかのアルゴリズムでは、上に示した範囲内の速度の場合のみ抵抗計算を行います。他のアルゴリズムでは、いかなる速度でも抵抗計算を行います。上に示した速度範囲外になればアルゴリズムの精度は減少してしまう点に注意してください。

速度範囲に関して、公式のいくつか（Savitsky planing、Lahtiharju および Holtrop）はいかなる速度でも抵抗値を計算することは可能です。しかし、回帰関数は特定の速度域内の抵抗値データから導き出され、その範囲が上の表に示されています。Savitsky (planing) の公式（および Blount と Fox 手法も）はプリズム状の船型の滑走挙動に関する理論から導き出されています。この理論では理論的な速度の上限はありませんが、およそ  $F_{nV}=6.0$  から 7.0 より上の速度の計算結果には注意が必要です。

$F_{nb}$  - Beam フルード数,  
 $F_{nV}$  - Volume フルード数,  
 $F_{nL}$  - Length フルード数,[用語解説](#)を参照下さい。

ハル寸法

抵抗予測アルゴリズムはハル寸法の特定の範囲内でのみ有効です。それらの範囲は：

アルゴリズム:	要求:				
Savitsky	3.07	<	$L/\sqrt[3]{V}$	<	12.4
<b>(pre-planing)</b>	3.7	<	ie	<	28.6
	2.52	<	L/B	<	18.26
	1.7	<	B/T	<	9.8
	0	<	At/Ax	<	1
	-6.56%	<	LCG/L	<	0.3%
<b>Blount and Fox</b>			$LCG_{bf}/L_{cp}$	<	0.46
Lahtiharju	4.47	<	$L/\sqrt[3]{V}$	<	8.30
<b>(Round Bilge)</b>	0.68	<	$B^3/\sqrt[3]{V}$	<	7.76
	3.33	<	L/B	<	8.21
	1.72	<	B/T	<	10.21
	0.16	<	At/Ax	<	0.82
	0.57	<	Cm	<	0.89
Lahtiharju	4.49	<	$L/\sqrt[3]{V}$	<	6.81
<b>(Hard Chine)</b>	2.73	<	L/B	<	5.43
	3.75	<	B/T	<	7.54
	0.43	<	At/Ax	<	0.995
Holtrop	0.55	<	Cp	<	0.85
	3.9	<	L/B	<	15
	2.1	<	B/T	<	4.0
van Oortmerssen	8	<	L	<	80
	3	<	L/B	<	6.2
	0.5	<	Cp	<	0.73
	-8%	<	LCG/L	<	2.8%
	5	<	V	<	3000
	1.9	<	B/T	<	4.0
	0.70	<	Cm	<	0.97
	10	<	ie	<	46
Series 60	0.6	<	Cb	<	0.8
	5.5	<	L/B	<	8.5
	2.5	<	B/T	<	3.5
	-2.48%	<	LCB	<	3.51%
Delft	2.76	<	L/B	<	5.00
	2.46	<	B/T	<	19.32
	4.34	<	$L/\sqrt[3]{V}$	<	8.50
	-6.0%	<	LCB	<	0.0%
	0.52	<	Cp	<	0.60

## アルゴリズム: 要求:

## Compton

-0.13	<	LCG/L	<	-0.02
4.0	<	L/B	<	5.2
0.00368	<	V/L <sup>3</sup>	<	0.00525

## Fung

0.00057	<	V/L <sup>3</sup>	<	0.01257
1.696	<	B/T	<	10.204
0.526	<	Cp	<	0.774
0.556	<	Cx	<	0.994
14.324°	<	ie	<	23.673°
2.52	<	L/B	<	17.935
0.662	<	Cwp	<	0.841

## Slender Body

≈ 4 or 5 <sup>1</sup>	<	L/V <sup>1/3</sup>	<	no limit
--------------------------	---	--------------------	---	----------

ここで:

L	水線長
L <sub>cp</sub>	チェーンの投影長 (船体の長手方向軸上への)
B	水線幅
T	ハル喫水
At	トランサム断面積
Ax	最大断面積
V	排水容積
Cm	中央断面係数
Cp	スリズマ係数
Cwp	水線面係数
Cx	最大断面積係数
ie	半侵入角
LCB	浮心長さ、ハル中央から計測、前方が正
LCG	重心長さ、ハル中央から計測、前方が正
LCG <sub>bf</sub>	トランサムから計測された Blount Fox 手法に対する LCG
Deadrise	平均船底勾配もしくは 50%水線長部の船底勾配
wsa	接水面積
Bt	トランサム水線幅

1 細長体法が適用できる最小の細長比は抵抗が予測されるフルード数に依存します。フルード数が減少すると、適用できる最小細長比も減ります。おおまかな指標として、フルード数が 1.0 のとき、最小細長比はおおよそ 7.5 から 8.0 となります。フルード数が 0.2 まで下がると、細長比は 4.0 まで下がっても細長法の適用が可能です。

## 付録 B 適用範囲

Tt	トランサム喫水
Abulb	球状船首横断面積

MAXSURF Resistance はこれらの範囲を超えた条件でも計算しますが、アルゴリズムの精度は減少します。いくつかのケースでは、アルゴリズムは特定範囲の外にあるパラメータに対して非常に敏感になることがあります。

## 付録 C - 細長体法

---

この付録において、細長体（細い船）抵抗予測方法の結果は、下記のハルフォームのためにモデルテストデータと比較されました:

- [Wigley hull](#)
- [NPL round-bilge](#)

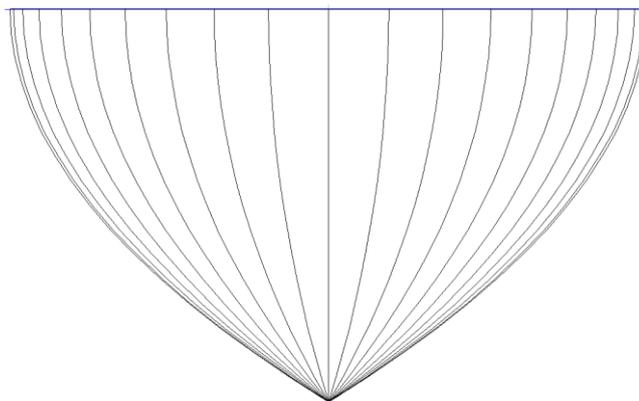
### Wigley hull

---

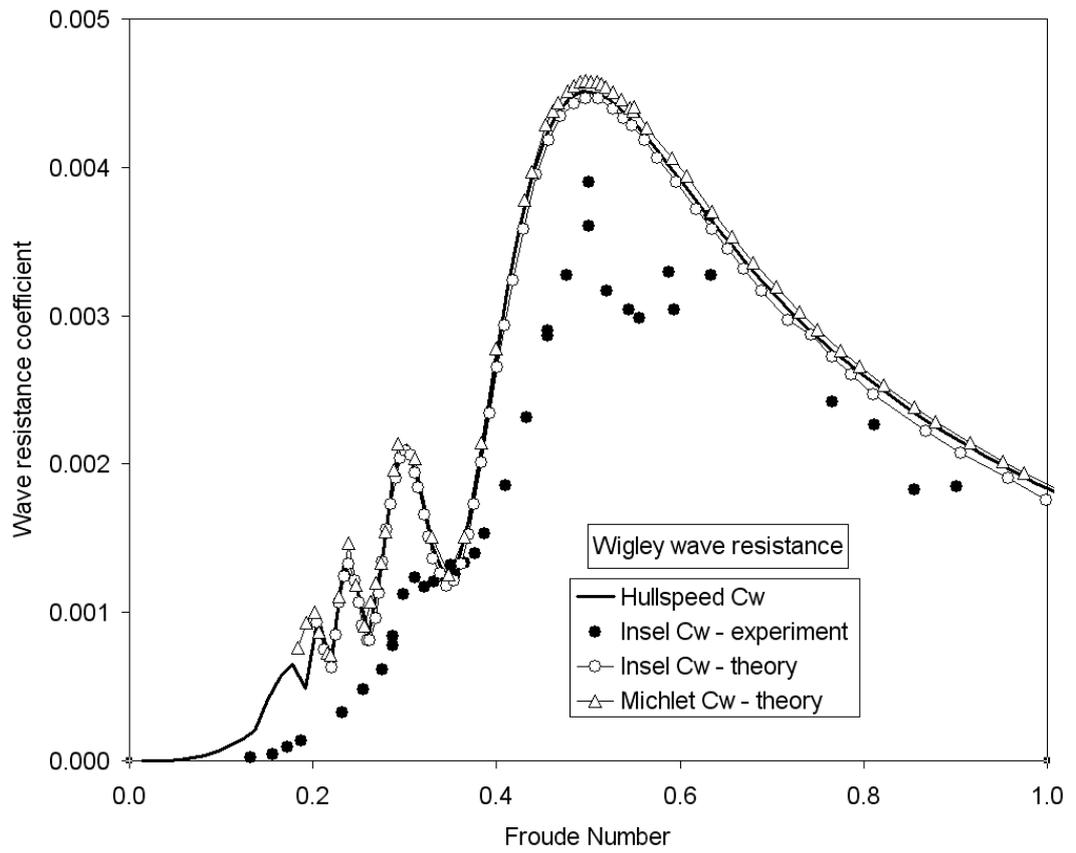
単純な Wigley ハル形状の結果を下に示します。結果は2つの理論値、Insel (1990) と Michlet、さらに Insel (1990)の実験データと比較しています。MAXSURF Resistanceの結果は2つの理論値と非常に近い値を示しているのが判ります。実験結果にはいくぶんのばらつきが認められますが、理論的解析結果は造波抵抗を過大評価する傾向にあります。実験では、模型はトリムと喫水が拘束されており、つまり、設計水線に固定されています。

Wigley 放物線ハルパラメータ:

L/B	10.0
B/T	1.6
$C_B$	0.44
$C_P$	0.44
$C_M$	0.44
$WSA/L^2$	0.1488

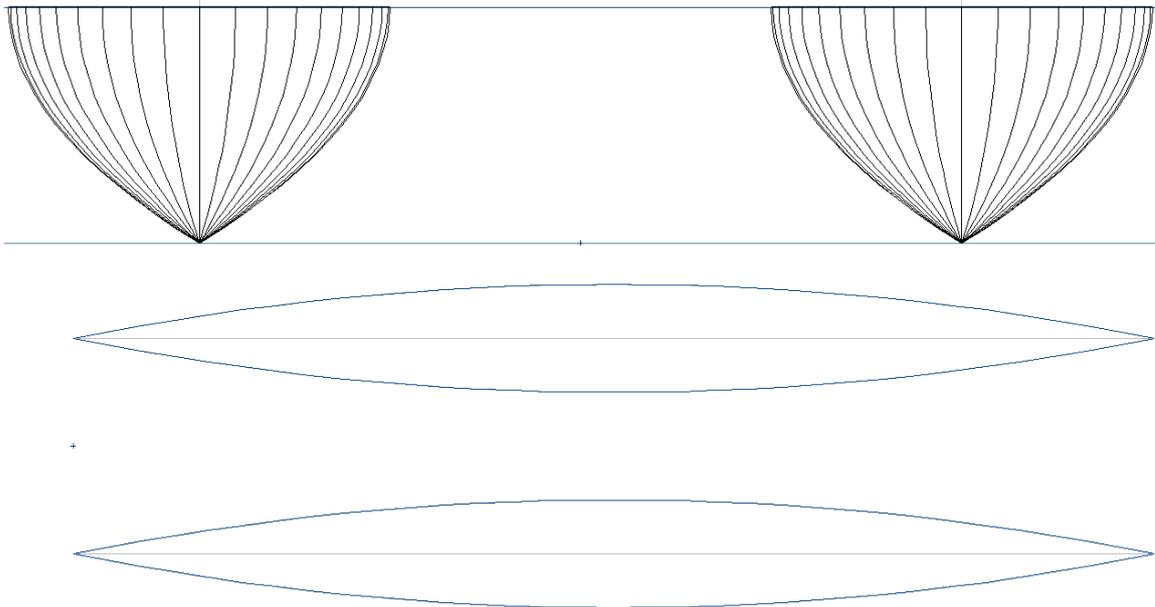


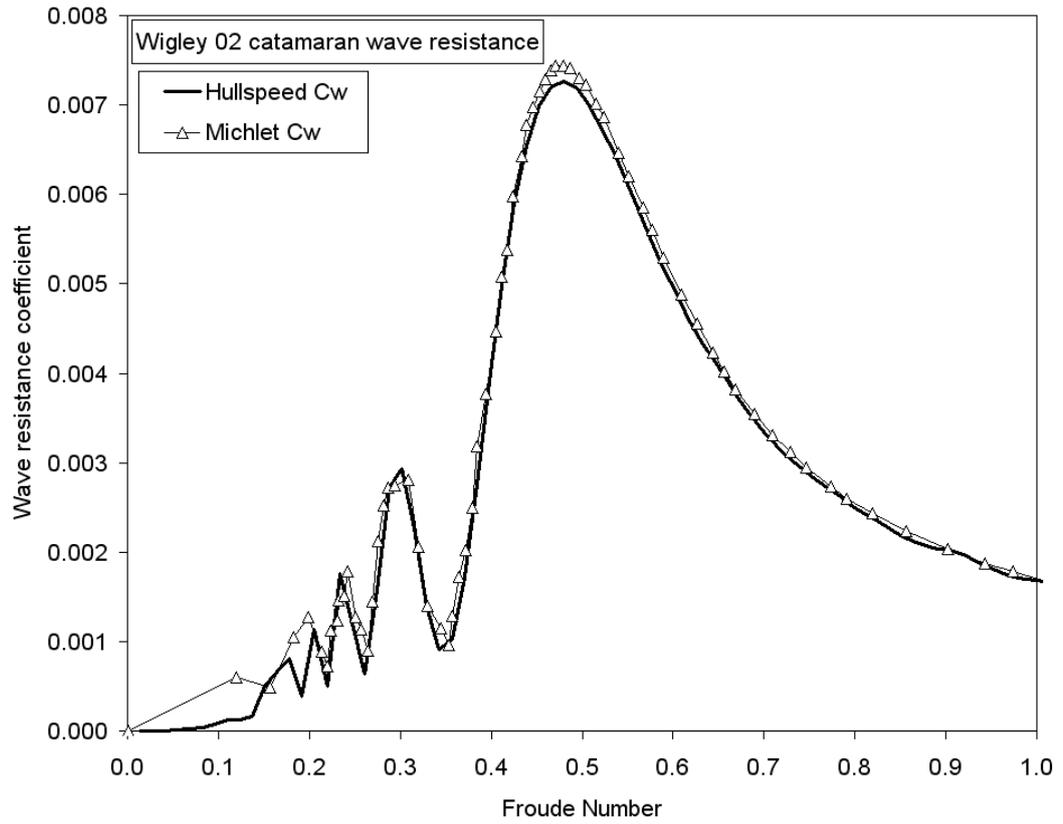
Wigley hull ボディプラン



Wigley hull の結果比較

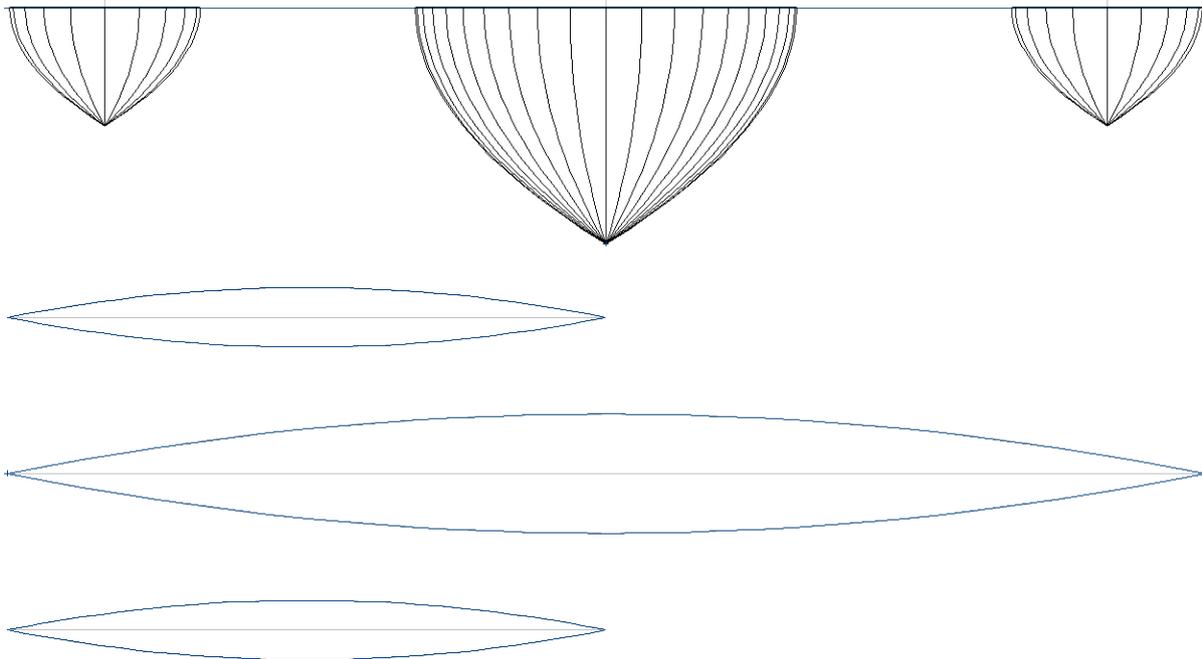
双胴船: 中央線分離 / 長さ = 0.2

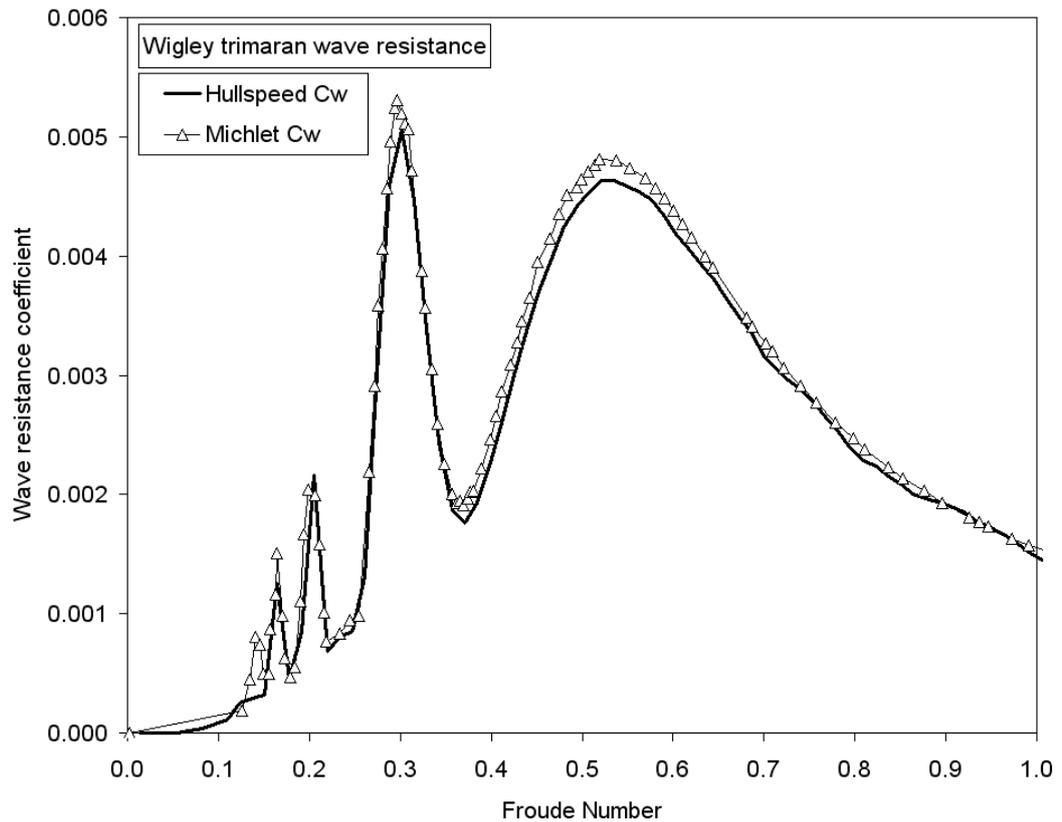




Comparison of results for Wigley catamaran

三胴船: ama half main hull dimensions (ama ハーフメインハル寸法)





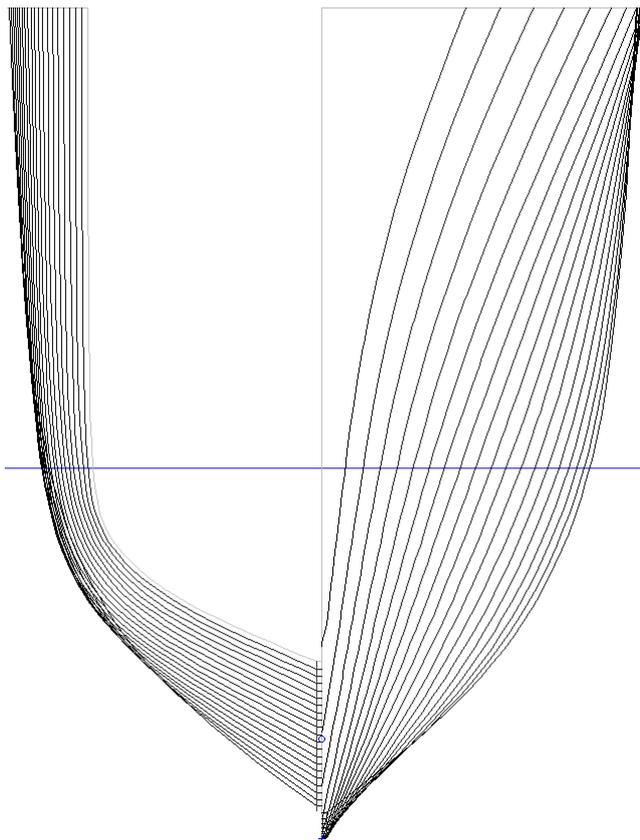
Wigley 三胴船に関する結果の比較

### NPL round-bilge

下のグラフはトランサムスターンを持ったハル船型の MAXSURF Resistance、その他の理論、実験のそれぞれの結果を比べたものです。モデルは NPL ラウンドビルジ船型を引き伸ばしたものです。トランサムスターンの船型は、MAXSURF Resistance で“仮想付属物”が加えられ、トランサムの縁から水がきれいに離れる場合（高速状態）のエアギャップを、遅いスピード（低速状態）ではトランサム後方にできる乱流粘性伴流を再現します。このモデルは Couser 他（1996）に詳しくあります。これらの実験では、モデルは沈み込みとトリムに自由度が与えられ；Couser 他（1996）の理論結果には、実験中に計測された実際の沈み込みとトリム値が考慮されていますので、実験結果と非常に近い数値を示しています。MAXSURF Resistance は、船速毎の実際のトリムと沈み込み値が何であるかが判りませんので、水線は固定されて計算されています。MAXSURF Resistance の結果は実験値と近い近似を見せ、特にトランサムが高速状態か低速状態かがはっきりしている場合に顕著です。高速と低速の移行域、フルード数=0.5 付近では、MAXSURF Resistance は抵抗値を過小評価します。

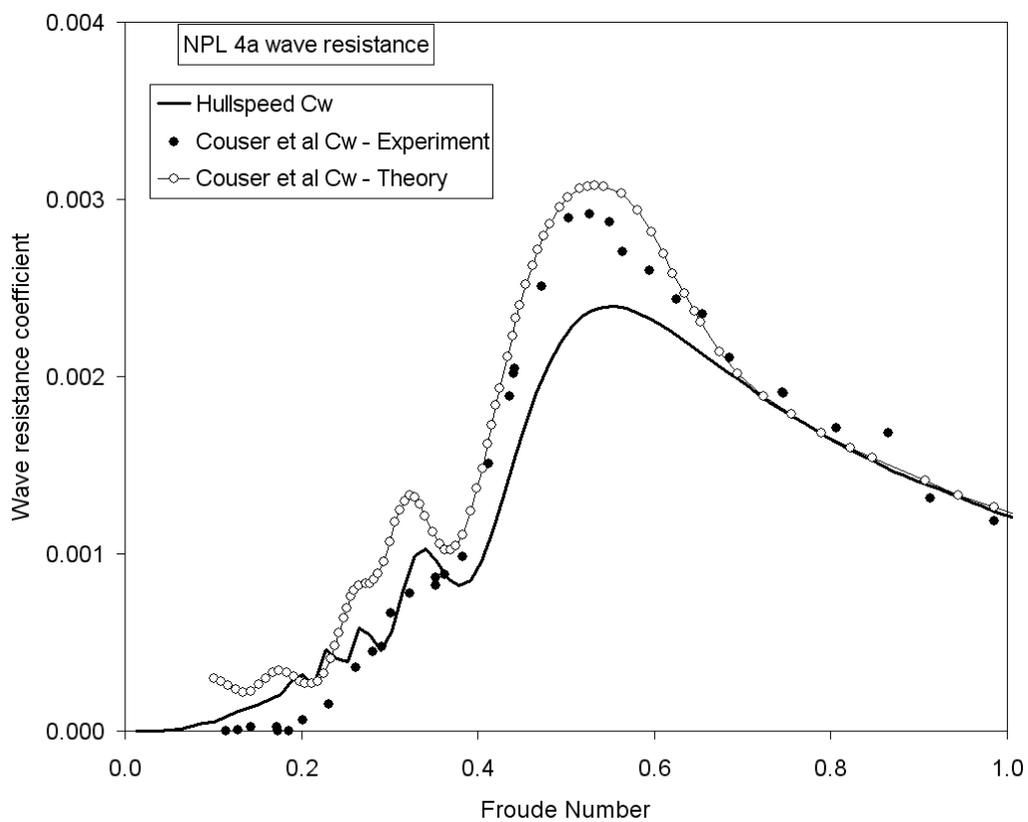
NPL ラウンドビルジ、mode 4a (Couser 他 1996 の表記) ハルパラメータ

L/B	10.4
B/T	1.5
$C_B$	0.397
$C_P$	0.693
$C_M$	0.565
$WSA/L^2$	0.1359



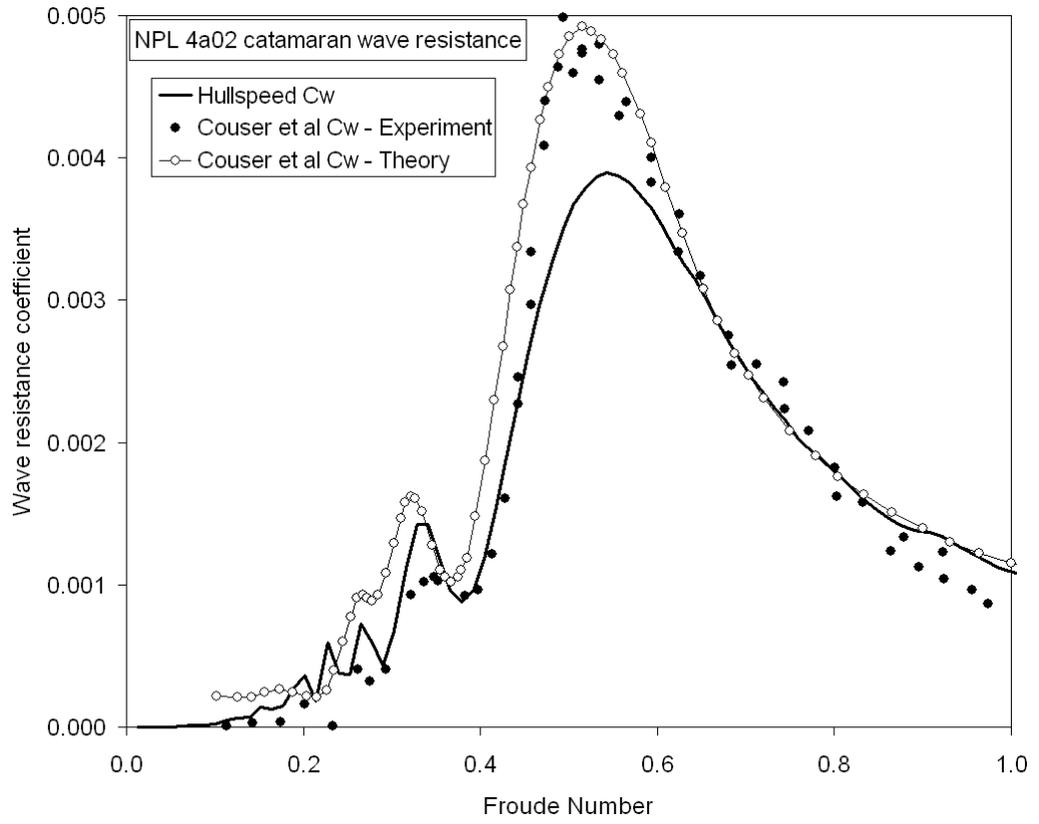
NPL (model 4a) hull ボディプラン

モノハル:



Comparison of results for NPL (model 4a) hull - monohull

双胴船: 中央線分離 / 長さ = 0.2



NPLに関する結果の比較(model 4a) - 双胴船 S/L = 0.2

## 索引

- A -
- About Hullspeed ..... 51
  - Air Density ..... 17, 55
  - Analysis ツールバー ..... 43
  - Analysis メニュー ..... 48
  - Analytical method ..... 9
  - Appendage Area ..... 17, 54
  - Appendage Factor ..... 17, 54
  - Appendage Length, nominal ..... 54
  - Arrange Icons ..... 50
  - Automation Reference ..... 51
- B -
- Beam ..... 54
  - Bitmap Image ..... 46
  - Body Plan ウィンドウ ..... 51
  - Bulb Height from Keel ..... 16, 54
  - Bulb Transverse Area ..... 16, 54
- C -
- Calculate Free Surface ..... 48
  - Cascade ..... 50
  - Check for Updates ..... 51
  - Close Design ..... 45
  - Close Measurement Data ..... 45
  - Colour ..... 47
  - Compton ..... 8
  - Contour ツールバー ..... 43
  - Contour, wave ..... 35
  - Contours ..... 49
  - Copy ..... 46
  - Correlation Allowance ..... 17, 54
  - Cut ..... 46
- D -
- Data ..... 50
  - Data Validation ..... 20, 21
  - Data ウィンドウ ..... 42
  - Data メニュー ..... 50
  - Deadrise at 50% Lwl ..... 17, 54
  - Delft Series ..... 8
  - Density ..... 55
  - Displaced Volume ..... 15, 55
  - Display メニュー ..... 49
  - Draft ..... 55
  - Draft at FP ..... 17, 55
  - Drag Coefficient ..... 17, 55
- E -
- Edit メニュー ..... 46
- Efficiency ..... 48, 55
- F -
- File メニュー ..... 45
  - Font ..... 47
  - Form Factor ..... 5, 32
  - Form Factor, Slender Body Method ..... 25
  - FP における喫水 ..... 55
  - Frame of Reference ..... 50
  - Free surface
    - grid ..... 33
    - Integration precision ..... 33
    - speed ..... 33
    - Vertical exaggeration ..... 33
  - Frontal Area ..... 17, 55
  - Froude Number ..... 55
  - Fung ..... 8
- G -
- Graph Type ..... 49
  - Graph ウィンドウ ..... 51
  - Graph ウィンドウ ..... 42
- H -
- Half Angle of entrance ..... 16, 54
  - Help メニュー ..... 51
  - Holtrop ..... 8
  - Home View ..... 47
  - Hullshape ..... 63
- K -
- Kinematic Viscosity ..... 56
  - Korean Register of Shipping, Barge ..... 8
- L -
- Lahtiharju ..... 7
  - LCG from midships ..... 16, 56
  - Length ..... 56
  - Lwl ..... 15, 56
- M -
- Maximum Sectional Area ..... 16, 56
  - Measure Hull ..... 48
  - Measurements ..... 49
  - Methods ..... 48
- N -
- New Measurement Data ..... 45
  - Nominal Appendage Length ..... 17
  - NPL round-bilge ..... 70

- O-	
Online Support .....	51
Open Design .....	45
Open Free surface .....	46
Open Measurement Data .....	45
- P-	
Page Setup .....	46
Pan .....	47
Paste .....	46
Perspective ウィンドウ .....	50
Plan ウィンドウ .....	50
Print .....	46
Prismatic Coefficient .....	15, 56
Profile ウィンドウ .....	50
- Q-	
Quit .....	46
- R-	
Render .....	35, 49
Render ツールバー .....	43
Resistance, Friction .....	5
Resistance, Residuary .....	5
Resistance, Total .....	5
Resistance, Viscous .....	5
Resistance, Wave .....	5, 9
Results .....	50
Graph .....	22
Table .....	22
Results ウィンドウ .....	42
Rotate .....	47
- S-	
Save Free surface As .....	46
Save Measurement Data .....	45
Save Measurement Data as .....	45
Savitsky (Planing) .....	7
Savitsky (Pre-planing) .....	7
SB Analysis Geometry .....	48
SB Mesh .....	49
Sea Density .....	55
Series 60 .....	8
Set Home View .....	47
Shrink .....	47
Slender body mesh definition	
Bounding box .....	27
Colour .....	26
Contours .....	26, 27
Open, Save .....	27
Surfaces .....	26
Slender body method .....	9
Slender Body Method .....	24, 67
Catamaran .....	29
Form Factor .....	25
Geometry .....	25
Edit .....	26
Model Validation .....	24
Multihulls .....	28
Proa .....	31
Trimaran .....	30
Solve Resistance Analysis .....	48
Speed .....	48
Status Bar .....	48
- T-	
Table of Contents .....	51
Theoretical Reference .....	53
Tile Horizontal .....	50
Tile Vertical .....	50
Toolbars .....	47
Transom Area .....	16, 56
Transom Beam .....	56
Transom Draft .....	56
- U-	
Undo .....	46
Units .....	50
- V-	
van Oortmerssen .....	8
View ツールバー .....	43
View メニュー .....	47
Volume Froude Number .....	57
- W-	
Waterplane Area Coefficient .....	16, 56
Wave Contours .....	49
Wave Grid .....	49
Wave Pattern	
Accuracy .....	37
Display .....	35
Wave resistance .....	9
Wave Solid Render .....	49
Wetted Area .....	15, 16, 56
Wigley .....	67
Window ツールバー .....	43
Windows メニュー .....	50
Wyman .....	8
- Z-	
Zoom .....	47
- あ-	
アペンデージ係数 .....	54
アペンデージ面積 .....	54
アペンデージ有効長さ .....	54
ウィンドウ .....	42

- か -		データファイルを開く.....14
海水の動粘性係数.....	56	データを入力.....15
海水の物理特性.....	18	適用範囲.....63
海水の密度.....	18, 55	デザインファイルを測定.....13
喫水.....	15, 55	デモンストレーション版.....61
空気密度.....	55	動粘性係数.....18
計測速度の無次元値.....	55	トランサム最大の喫水.....56
結果の表示.....	21	トランサムの水面下最大幅.....56
- さ -		トランサム面積.....56
最大水面下断面積.....	56	- な -
参考文献.....	58	長さ.....15
水線面積係数.....	56	- は -
水面下表面積.....	56	始める前に.....12
船速.....	21	ハルパラメータ.....10
船体寸法.....	64	バルブ横断面積.....54
船体長さ.....	56	ビーム.....15, 54
船体の海水排水容積.....	55	プリズマ係数.....56
前方投影面積.....	55	ヘルプ目次.....51
相関許容値.....	54	- ま -
速度.....	63	密度.....18, 55
- た -		メニュー.....45
ツールバー.....	43	- や -
抵抗係数.....	55	用語解説.....54
抵抗予測法.....	19	予測方法.....7
データの入力.....	6	