

ているので、この点に注意することによって他機種への移行ができる。

使用メモリ数は、左右対称の物体のみ考えており、物体表面の右半分の分割数が $12 \times 24 = 288$ の場合で 469 K B, $18 \times 36 = 648$ の場合で 1864 K B である。

外部記憶装置のメモリは、分割数 288 の場合で約 6 M B, 分割数 648 の場合約 30 M B である。

3. プログラムの応用

船体表面を表わす座標を船体の片側半分について入力することにより、実用船型の附加質量が水深無限大の場合を含めて浅水の場合について計算できることになった。入力データは、線図の Body Plan をみながら girth の分割された要素が大体同じ程度の長さになるようにオフセットから、きりのよい water line または buttock line を選んで作成しているが、この部分をもう少し自動化することによって、一層使い易いものにできるであろう。

楕円体の場合には、実用船型用のプログラムを使うより、楕円体専用のプログラムを使った方が良い精度が得られている。なお、水深無限大の場合の楕円体の附加質量の解析解を計算するプログラムも、本プロ

ラムに関連して作成してあるので利用できる。

4. あとがき

本プログラムの完成により、楕円体の軸長比を変えた計算を系統的に行ない、船の L/B , B/d が浅水時附加質量に及ぼす影響や、周波数 0 と ∞ のときの違い、また運動のモードによってこれらがどう変るかなどの点を明らかにすることができた。¹⁾

更に実用船型についても、入力データの作成に 1 隻につき 1 ~ 2 日程度の労力を必要とするが、計算ができることとなり、利用価値は高いものと考えている。

なお、本プログラムの開発途上において、周波数 0 の場合についての誤った計算法と計算結果を公表²⁾してしまっていたが、正しい結果を参考文献¹⁾に報告してあることを付記する。

参 考 文 献

- 1) 菅信, 原口富博, 3次元物体の附加質量に及ぼす浅水影響—— $K=0$ と $K=\infty$ の場合——, 船研報告第21巻第3号, 1984. 5
- 2) 菅信, 原口富博, 3次元物体の附加質量に及ぼす浅水影響, 第42回船研究発表会講演集, 1983. 12

15. 境界要素法による楔の着水衝撃水圧の計算プログラム

共通工学部 谷 澤 克 治

1. プログラムの目的および概要

一定速度で楔が静止水面に落下する場合の楔表面の衝撃水圧の分布を計算するプログラムである。無重力を仮定し、着水衝撃現象の相似解を求めることによりスプラッシュ形状を含めた計算ができる。

2. プログラムの内容

2.1 プログラムの名称

楔の着水衝撃水圧の計算プログラム

2.2 製作者

共通工学部 谷澤克治

2.3 製作年月

昭和58年9月

2.4 計算の概要

問題の対称性より右半分について計算を行う。座標系を図1のようにとり落下速度を V_0 , 楔の頂角を θ , 楔先端が着水した瞬間を時刻 $T=0$ とし, $T=t$ の時の楔の没入深さを $\epsilon = V_0 t$, 速度ポテンシャルを $\Phi(x, y; t)$, 水面形状を $F(x, y; t) = 0$ とする。ここで代表距離に ϵ , 代表速度に V_0 を用いて図2のように問題を無次元化すると定常問題として扱うことができる。

すなわち

$$\xi = x/\epsilon = x/V_0 t \quad (1)$$

$$\eta = y/\epsilon = y/V_0 t \quad (2)$$

$$\phi(\xi, \eta) = \Phi/V_0^2 t \quad (3)$$

$$f(\xi, \eta) = F/V_0 t \quad (4)$$

ここに ξ , η は無次元化座標で ϕ , f は無次元化され

た速度ポテンシャルと水面形状で共に変数に時間を含まない。この座標系での境界条件について述べる。最初に自由表面の Kinematic Condition は一般に

$$\frac{DF}{Dt} = \frac{\partial F}{\partial t} + \frac{\partial \Phi}{\partial x} \frac{\partial F}{\partial x} + \frac{\partial \Phi}{\partial y} \frac{\partial F}{\partial y} = 0 \quad (10)$$

と書ける。これを(1)式から(4)式を考慮し、 ξ , η , ϕ , f で書き直すと

$$\frac{\partial f}{\partial \xi} \left(\frac{\partial \phi}{\partial \xi} - \xi \right) + \frac{\partial f}{\partial \eta} \left(\frac{\partial \phi}{\partial \eta} - \eta \right) = 0 \quad (11)$$

さらに、自由表面の外向き法線方向を \vec{n} (n_x , n_y), 接線方向を \vec{s} ($-n_y$, n_x) とすると(11)式は

$$\frac{\partial \phi}{\partial n} = \xi n_x + \eta n_y \quad (12)$$

と表わせる。また(11)式は $\partial f / \partial \xi$, $\partial f / \partial \eta$ が不定となるスプラッシュ頂点でも成り立たねばならないので、頂点の座標を ξ_0 , η_0 とすると

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial \phi}{\partial \xi} \Big|_{\xi=\xi_0} &= \xi_0 \\ \frac{\partial \phi}{\partial \eta} \Big|_{\eta=\eta_0} &= \eta_0 \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

となる。次に Dynamic Condition は有次元座標では、

$$\frac{\partial \Phi}{\partial t} + \frac{1}{2} \left\{ \left(\frac{\partial \Phi}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial \Phi}{\partial y} \right)^2 \right\} = 0 \quad (14)$$

と書けるが、これも同様に書き直すと

$$\begin{aligned} \phi - \frac{\partial \phi}{\partial \xi} \xi - \frac{\partial \phi}{\partial \eta} \eta \\ + \frac{1}{2} \left\{ \left(\frac{\partial \phi}{\partial \xi} \right)^2 + \left(\frac{\partial \phi}{\partial \eta} \right)^2 \right\} = 0 \end{aligned} \quad (15)$$

となり、法線方向と接線方向で書くと

$$\frac{\partial \phi}{\partial s} = \sqrt{\xi^2 + \eta^2} - 2\phi - \xi n_x + \eta n_y \quad (16)$$

となる。また(13)式を(15)式へ代入してスプラッシュ頂点でポテンシャル値 ϕ_0 を規定する条件

$$\phi_0 = \frac{\xi_0^2 + \eta_0^2}{2} \quad (17)$$

を得る。次に楔面の境界条件を同様に無次元化して

$$\frac{\partial \phi}{\partial n} = -\sin \theta \quad (18)$$

対称軸である η 軸上の境界条件は

$$\frac{\partial \phi}{\partial n} = 0 \quad (19)$$

最後に圧力も無次元化した座標系では(15)式と同様に

$$\begin{aligned} \frac{P}{\rho V_0^2} = -\phi + \frac{\partial \phi}{\partial \xi} \xi \\ + \frac{\partial \phi}{\partial \eta} \eta \end{aligned}$$

$$- \frac{1}{2} \left\{ \left(\frac{\partial \phi}{\partial \xi} \right)^2 + \left(\frac{\partial \phi}{\partial \eta} \right)^2 \right\} \quad (20)$$

と書ける。一般に自由表面上では表面形状と流束、又はポテンシャル値が未知数であるが、(12)式を用いると表面形状から直接流束を計算することができ、求めた流束を用いて境界値問題を解けばポテンシャル値も求まるので、この問題の実際の未知数は表面形状だけであり、正しい形状を求めれば問題は解けたことになる。

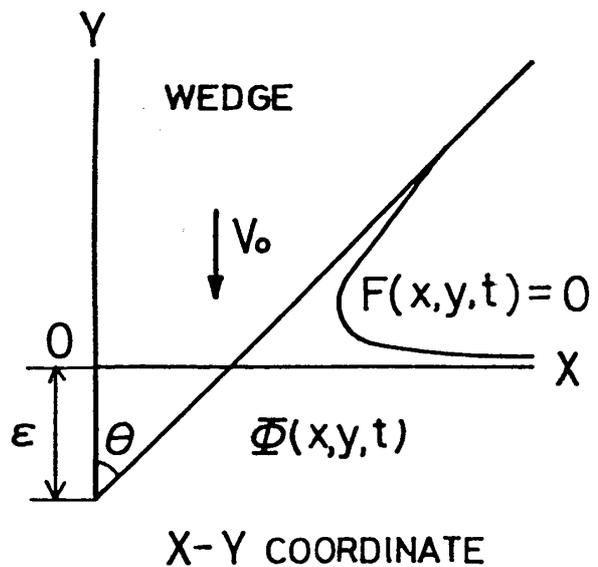


図-1 有次元座標系

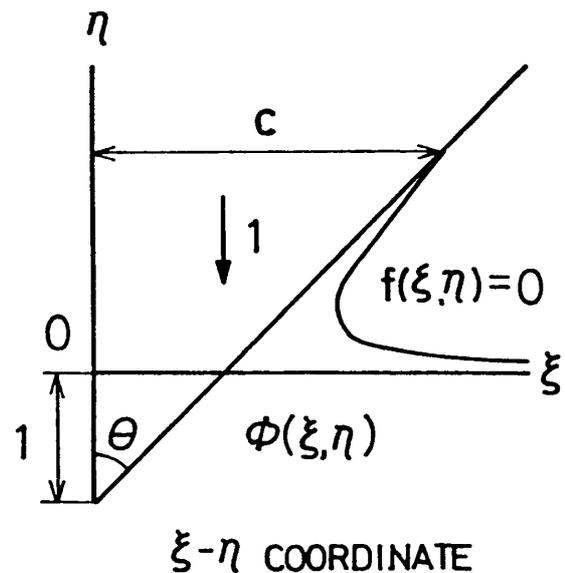


図-2 無次元化座標系

2.5 計算の手順

以上に求めた式を用いて図-3に示すような手順で計算を行う。

- 1) まず未知である自由表面形状を適当に与える。
ただし連続の条件より図-4に示すように楔の排水面積 S と自由表面の盛り上り面積 S' が等しくなるように与える必要がある。
- 2) 次に(12)式を用いて自由表面の流束を計算する。
- 3) そして(18)式(19)式より楔面と対称軸上の流束を求める。
- 4) 楔より十分離れた所に検査面をもうけ、ここでは流束は十分小さいので零とする。
- 5) 以上により境界条件がすべて流束で与えられ、図-5のようなノイマン問題が得られた。ここで発散定理より

$$\int_r \frac{\partial \phi}{\partial n} d\Gamma = 0 \quad \Gamma: \text{全境界}$$

を満足していなければならないが、1)で述べた条件 $S = S'$ を満足する自由表面形状を与えれば発散定理を満足することは容易に分かるであろう。

- 6) このノイマン問題を境界要素法を用いて解く。この時(17)式で定めたスプラッシュ頂点のポテンシャル値を規準にして境界上のポテンシャル値を定める。
- 7) 以上のようにして求めた解はまだ Dynamic Condition (16)式を満足していないから、満足するまで自由表面形状を逐次近似的に修正しながら以上の手順を繰り返す。
- 8) 最後に十分な精度で満足すれば、その時の自由表面形状を正解として(20)式を用いて楔面の圧力分布を計算する。

2.6 計算機種および制限事項

このプログラムは計算センターの FACOM M 180 II AD 用に FORTRAN 77 レベルで製作したものであるが、システムに組み込まれているサブルーチンなどは、何も使用していないので他機種への移行に困難はないと思われる。ただ計算の精度を上げるため倍精度で計算する事が望ましい。使用メモリーは約500KBである。

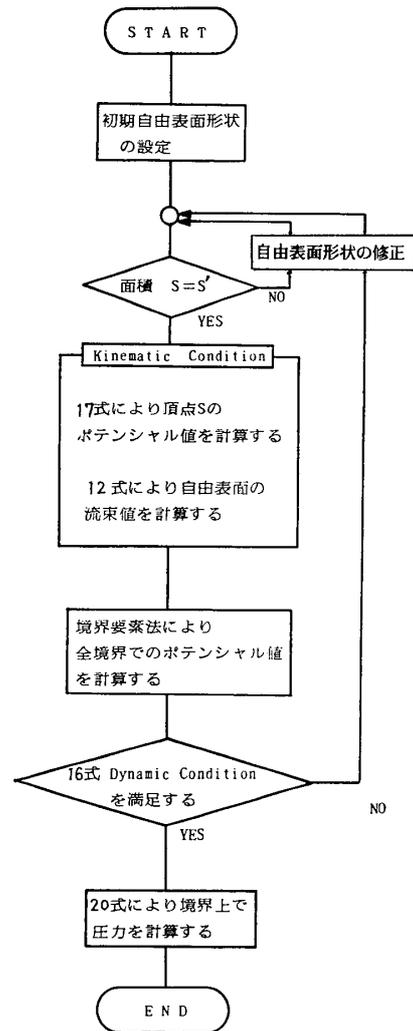


図-3 フローチャート

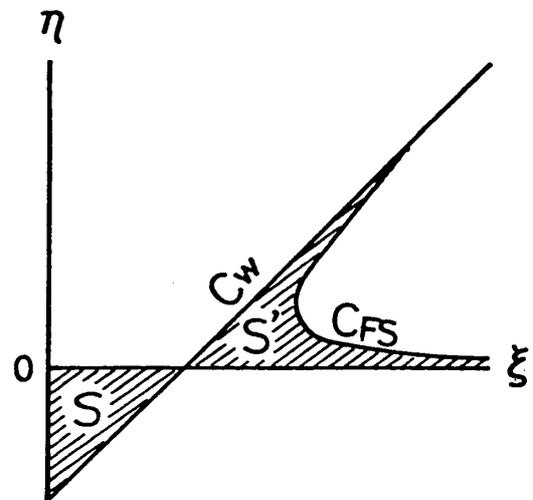


図-4 楔没入量と自由表面盛り上り量との釣り合い

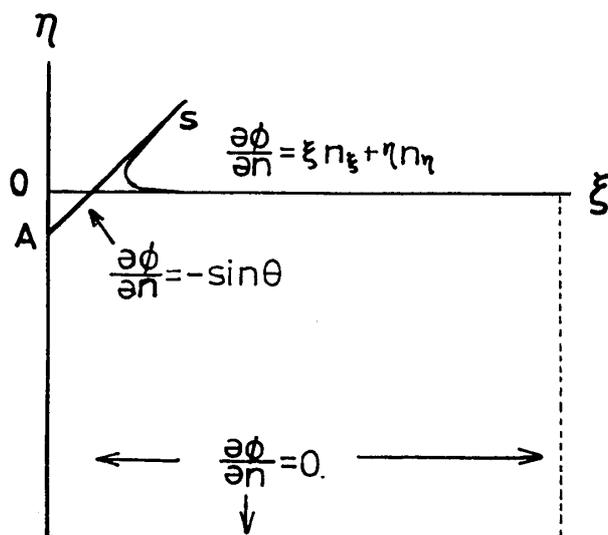


図-5 境界条件

3. プログラムの応用

このプログラムでノイマン問題を解くのに用いた境界要素法サブルーチン(線形要素分割)はスプラッシュ

頂点などの流束不連続点も扱えるように改良したものであり非常に汎用性があるプログラムである。流体力学以外の分野においても混合境界値問題の解を得る一手段として広く応用が可能である。

4. あとがき

楔の着水衝撃水圧の計算はWagnerを始め多くの研究者によって行われたが、そのほとんどが自由表面の盛り上りなど非線形性の弱い部分は考慮しているもの、スプラッシュ部など非線形性の強い部分は無視している。筆者が今回開発したプログラムはスプラッシュ形状まで含めて計算を行うので、衝撃水圧が発生するスプラッシュ根本部の様子をより正しく推定できる。

参考文献

谷澤克治, 境界要素法によるくさびの着水衝撃現象の計算, 第42回船舶技術研究所研究発表会講演集, 1983. 12

16. 2次元水中翼の特性計算プログラム

運動性能部 不破 健

1. プログラムの目的および概要

水中翼の特性は、水中翼船の開発期に広く研究され、特に高速領域においては詳細に調べられている。また、水中翼は水中翼船以外にも一般船舶のコントロール・サーフェイスとしての広い用途をもつが、低速領域における特性はあまり調べられていない。本プログラムは、一定の深度と姿勢を保持して前進する2次元水中翼の低速領域における、非滑走、非キャビテーション状態の特性を計算するためのものである。特異点分布法に基づくため、任意形状に対して適用可能であり、また多くのパラメータの組合せが考えられるので、圧力分布の作画プログラムを付加して検討の便宜を計った。

2. プログラムの内容

2.1 プログラムの名称

G-S-F法による2次元水中翼の特性計算プログラム。

Calculation Program for Characteristics of Hydrofoil Section by means of Giesing, Smith and Fuwa Method.

2.2 製作者

運動性能部 不破 健

2.3 製作年月

昭和52年6月

2.4 計算の概要

水面下の一定深度を一定の迎角で定速前進する水中翼の断面形状を折線近似して多角形で表わす。多角形の各辺上に特異点を分布させ、これにより流場を表現する。各辺の中点を代表点にとり、そこで物体表面上の境界条件を満たすこととし、翼後縁におけるKuttaの流出条件を付加すれば、特異点分布と翼のまわりの循環を未知数とする積分方程式は、連立1次方程式に