

日本造船技術センターにおける 具体的なCFD計算例（その2）

○ 格子生成

前号ではCFDの理論的背景を簡単に述べた。

CFDでは、計算格子上で流体现象を記述する方程式を解いているが、計算格子の品質は計算精度や安定性に大きな影響を与える。

日本造船技術センターでは(独)海上技術安全研究所と(有)ACTが共同開発したHullDesという格子生成プログラムを用いて格子を生成している。今号では計算格子について簡単に説明した後、HullDesを用いた具体的な格子生成事例を紹介する。

○ 構造格子・非構造格子

計算格子には大きく分けて構造格子と非構造格子の2種類がある。構造格子とは図-1に示すように長手方向にX分割、上下方向にY分割のように格子の配置が規則的（構造的）な格子の事である。それぞれの格子は6面体で構成される。格子の形状として理想的なのは直方体であるが、実際に生成される格子は直方体ではなく歪みや捩れを持つので、なるべく直方体に近づけるようなスムージング処理を数値的にを行い、格子を生成している。

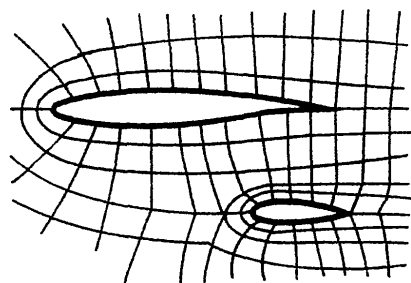


図-1 構造格子（2次元）

非構造格子とは、図-2に示すように格子が不規則に配置されるような格子であり、格子の形は6面体に限る必要はなく、4面体や5面体のような色々な多面

体で構成されている。

構造格子、非構造格子には一長一短があり、計算対象や内容に応じて適切に選択する事となる。構造格子は、格子の配列が規則的であるので数値計算の手間が少なく済むので、非構造格子と比べて計算時間が短いのが長所であるが、短所としては格子の形や配置の制約のため、複雑な形状（例えばフィンが付いたような船体）に対応する事が難しい。

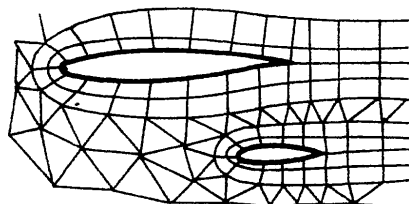


図-2 非構造格子（2次元）

非構造格子は格子の形や配置に制約がないので複雑な形状に対応するのが容易という点が長所であるが、格子の配列が規則的ではないので、数値計算の手間が多くなり、構造格子と比べて計算時間が長くなるというのが短所である。

尚、当センターで使用しているNSソルバーのうち、NICEとNEPTUNEは構造格子にのみ対応しており、SURFは構造格子と非構造格子の両方に対応しているが、格子生成ソフトのHullDesが非構造格子に対応していないため、構造格子についてのみ計算を行っている。非構造格子は今後の課題である。

○ 自由表面の取り扱い

船の周りの流体现象において、造波現象、つまり自由表面の存在は非常に大きな要素である。この自由表面の捉え方は大きく分けて2種類ある。1つは自由表面と格子を一致させる方法（図-3参照）で、もう1つは格子と自由表面を一致させず、格子の内部で自由表面を捕獲する方法（図-4参照）である。

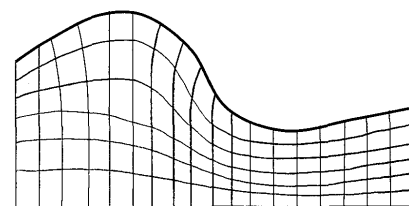


図-3 自由表面と格子を一致させる方法

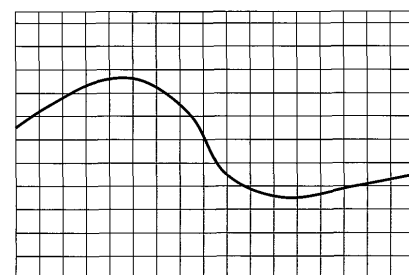


図-4 格子の内部で自由表面を捕獲する方法

これらの方法には一長一短があり、前者では、自由表面と格子が一致しているので、自由表面の形状が非常に精度良く表現されるが、巻き波など波面の変形が大きくなると、格子を追従させるのが非常に困難になるという欠点がある。後者は、巻き波など波面の変形が大きい場合でも格子の形を変えなくて良いので、計算が容易であるが、自由表面と格子が一致していないので、その分、精度が若干悪くなるのが欠点である。

尚、当センターが使用しているCFDプログラムの内、自由表面計算に対応しているのはSURFとNEPTUNEであるが、NEPTUNEは格子と自由表面を一致させる方法であり、SURFは格子と自由表面が一致していない方法である。

○ プロペラの取り扱い

プロペラについては、厳密に扱おうとすると、プロペラについても計算格子を生成し、そのプロペラを回転させて推力やトルクを推定する必要があるが、プロペラを含んだ計算格子の生成や非定常計算にする必要があるなど様々な困難があ

るため、SURF、NEPTUNEでは厳密には簡易的に、プロペラを無限翼数理論に基づいてスラスト、トルクが作動する円板として評価している。この円板が計算格子内に存在すると考え、流場の情報から円板（プロペラ）が発生するスラストとトルクを推定し、円板を含む計算格子に対して適切な体積力項を与える事でプロペラの影響を考慮している（図-5参照）。実際の計算では流場計算とプロペラの計算を数回程度繰り返して計算を収束させている。当センターではシップポイントで推力と抵抗がつりあうようにプロペラ回転数を変化させる計算を行っている。

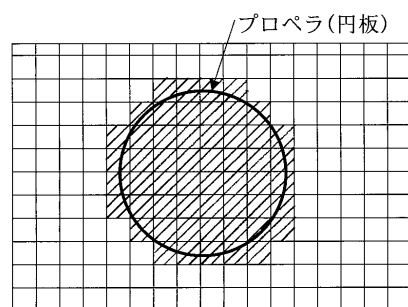
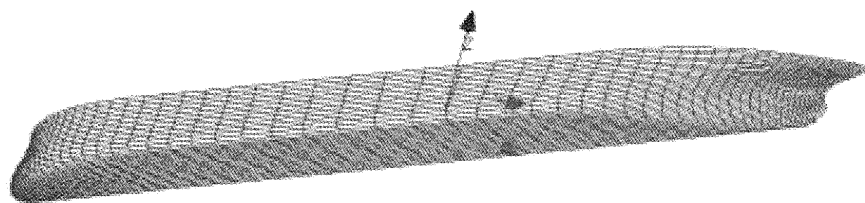


図-5 格子に含まれる円板の面積、位置に応じて体積力が与えられる

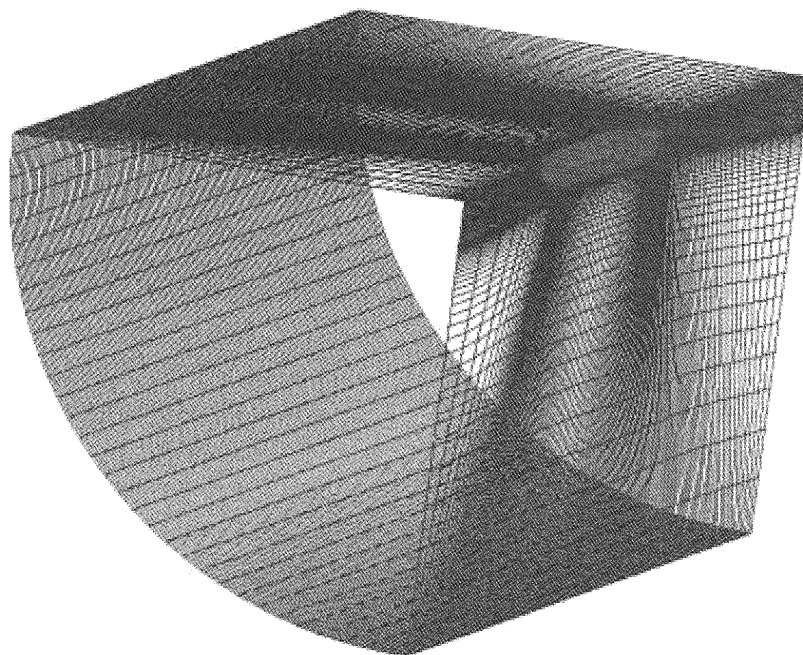
○ 格子生成の具体例

Hulldesにおける格子生成の手順は、最初に計算対象の①船体表面格子を生成し（必要に応じて舵の格子も）、次に②境界面格子を生成し、最後に③空間全体の格子を生成する。右に各段階における格子生成例を紹介する。空間格子については、全ての格子をプロットすると何も見えなくなるので、空間内の一部の格子を描画することとした。実際は空間内に密に格子は分布している。

①船体表面格子



②境界面格子



③空間格子

