

# PS-4 重合格子法による浅水計算及び UP\_GRID の新機能紹介

流体性能評価系 \*小林 寛

## 1. はじめに

重合格子法は、互いに重畳（オーバーラップ）する複数の計算格子間で計算領域をカバーし、計算時には物理量等を補間し合うことで流場を求める手法である。部分的に物体形状を変更した場合でも、計算格子の再生成は当該物体周りの計算格子だけとなるため、省エネデバイス等の形状や取り付け位置を検討する際に有用である。本論では、重合格子法の概要及び重合格子法のメリットを生かした計算例として浅水計算の例を紹介するとともに、海技研で開発中の重合格子生成ソフト UP\_GRID の新機能について紹介する。

## 2. 重合格子法とは

重合格子法では、個々の物体周りの計算格子を個別に作成され、計算領域内に配置される（図-1 参照）。計算格子間で流速や圧力といった物理量を補間するための補間係数を予め計算しておき、CFD 計算時には物理量を補間し合うことで対象物体周りの流場が求められる。重合格子法による CFD 計算の手順は概ね次のとおりである。

1. 個々のブロック周りの計算格子の作成
2. それぞれの計算格子を、アフィン変換等により所定の位置、大きさ、向きに配置する。なお、物体間で接合がある場合は接合部分の格子の切り取り処理等を行う。
3. 計算格子ブロック間で流場情報を補間し合うための補間係数（重畳情報）を計算する
4. 重合格子法対応の NS ソルバーにより、CFD 計算を行う
5. CFD 計算結果を、可視化ソフト等を用いて確認する

1.-3.の部分が、CFD 計算の前段階として必要な手順であり、この部分の処理（重合格子および重畳情報の生成）を行うためのソフトウェアとして、当所では G-TOOL<sup>1)</sup>と UP\_GRID<sup>2)</sup>を、また 4. の部分に対しては NAGISA<sup>3)</sup>の開発を進めている。

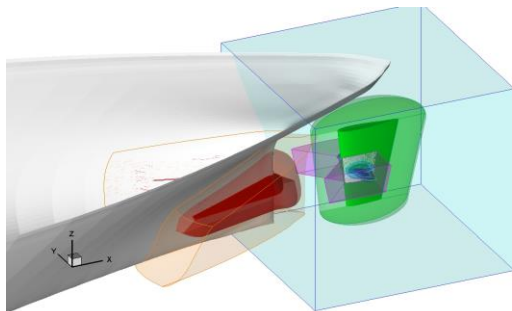


図-1 重合格子の作成例

## 3. 重合格子法による計算例（浅水計算）

重合格子法のメリットを活用した計算例として、浅水条件での計算例<sup>4)</sup>を示す。図-2 は、水深(H/d)が異なる4つのケースについてバルクキャリア船型(JBC)周りの計算格子である。ここで、H は水槽の水深である。船体あるいは計算領域を覆っている矩形格子について鉛直下方に計算セルを付加することで水深の増加に対応しており、船体・ビルジキール・船尾管・舵周りの格子は共通のものを使用している。表-1 は、各水深での全抵抗係数 $C_t$ の比較である。計算では姿勢はイーブンキールに固定されている。水深の変化に伴う抵抗値の変化の傾向が捉えられている。

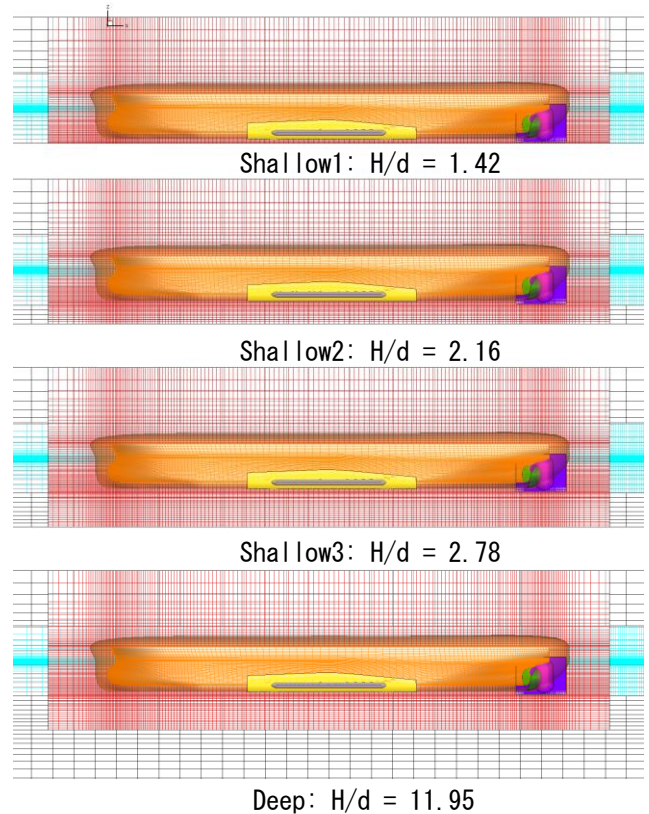


図-2 各水深での重合格子

表-1 各水深での実験及び計算結果

Case	H/d	全抵抗係数 $C_t \times 10^3$	
		実験	計算
Shallow1	1.42	8.34	7.93
Shallow2	2.16	5.65	5.85
Shallow3	2.78	5.12	5.22
Deep	11.95	4.58	4.67

#### 4. 重合格子生成ソフト UP\_GRID の新機能

UP\_GRID (“User-oriented and Practical overset GRID system”)<sup>2)</sup>では、IGES またはオフセットデータにより、任意の物体形状を取り扱うことが可能である。構造格子を対象としており、Ferguson spline を用いて格子線等を高次に表現することで、格子点の再配置や物体同士の接合面の切り取り(トリミング)等を高精度に行うことが可能である。より適用可能性を広げかつ格子生成の柔軟性を高めるため、部分貫入する物体に対応するためのH型トポロジーの導入と、押し出し手法による格子生成機能を開発した。

##### 4.1 H型トポロジーの導入による部分貫入への対応

構造格子では、特異線や合わせ面等の特徴により様々な形態(トポロジー)があるが、UP\_GRID では代表的なトポロジーをサポートしている。しかし、部分的に接合(部分貫入)している物体に対応するトポロジーをサポートしていなかったため、今回H型のトポロジーを導入し、部分貫入する付加物も計算可能となった。図-3は、タンカー船型の船尾部に、部分貫入しているダクト及び舵フィンを配置した例である。

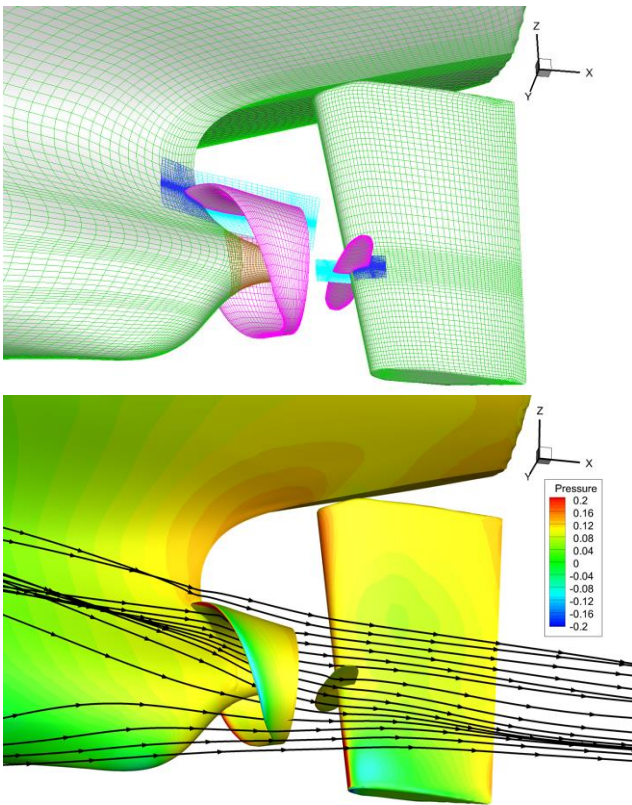


図-3 付加物付タンカー船型船尾部の格子(上)と抵抗計算結果(下)

##### 4.2 押し出し法による格子生成機能

船体周りの単一格子生成では、外周境界の形状を定義する必要は特段無いが、重合格子においては各物体周りの格子生成において、物体表面の形状に加えて外周境界の形状も定義する必要がある。しかし、外周形状の定義は場合によっては

容易ではないため、今回物体表面格子を境界層方向に押し出すことで空間格子を生成する押し出し法を導入した。図-4は、押し出し法によるフィン周り格子の生成例である。物体表面(①)から④に至るまで、フィンの境界層方向に格子を押し出している。他の物体(船体及び船尾管)の接合面はそれらの表面上を滑るように押し出されるため、切り取り等の後処理が不要となり、効率良く高品質な格子を生成可能となった。

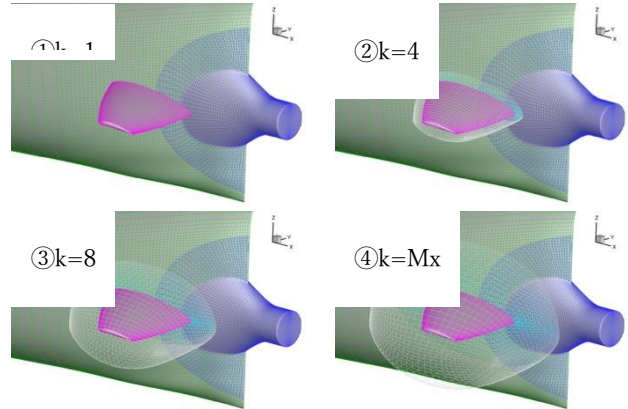


図-4 押し出し法によるフィン周りの格子生成の例

#### 5. まとめ

海技研で開発を進めている重合格子生成ソフトUP\_GRIDに関して、重合格子法の利点を生かした計算例として浅水条件での計算を示すとともに、UP\_GRID の新機能を紹介した。今後も、重合格子法の適用可能性の向上等のための研究開発を実施する予定である。

#### 参考文献

- 1) 田原 裕介, 金井 亮浩, 新郷 将司, “重合格子技術と非線形最適化理論を導入した CFD 援用最適省エネルギーデバイス設計法”, 日本船舶海洋工学会講演会論文集 第 16 号(2013), 2013S-GS4-16
- 2) Hiroshi Kobayashi and Yoshiaki Kodama, Developing Spline Based Overset Grid Assembling Approach and Application to Unsteady Flow Around a Moving Body, Journal of Mathematics and System Science, Issue 9, 2016, doi: 10.17265/2159-5291/2016.09.001, pp. 339-347
- 3) 大橋 訓英, 日野 孝則, 平田 信行, 小林 寛, “重合格子対応構造格子 NS ソルバーの開発”, 第 28 回数値流体力学シンポジウム講演集(2014), F06-2
- 4) H. Kobayashi, J. Fujisawa and R. Fukasawa, Numerical Simulation With Overset Approach For a Bulk Carrier(JBC) In Shallow Water, Proceedings of Annual Autumn Meeting 2016 of JASNAOE, 2016