

非等方性解適合デカルト座標格子を用いた三次元複雑形状周りの流れ解析 Anisotropic Cartesian grid adaptation around 3-dimensional complex geometry

畑中 圭太 (名大・院), 〒464-8603 名古屋市千種区不老町 E-mail: keita@fluid.nuae.nagoya-u.ac.jp
中村 佳朗 (名大・工), 〒464-8603 名古屋市千種区不老町 E-mail: nakamura@fluid.nuae.nagoya-u.ac.jp

Cartesian grids are usually used for solving the three-dimensional flow around complicated geometry. In this paper a new method for calculating the intersection with body surface and cell edge is proposed, which can be applied to complicated geometry such as aircraft. Here in this study, anisotropic grid adaptation has been applied to the region, where a strong flow gradient exists. The results for an SST model show its effectiveness.

1. はじめに

本研究の目的はデカルト格子を用いて SST (supersonic transport) のような複雑形状周りの非粘性流れを解析することである。デカルト格子は物体非適合座標格子であるが、三次元複雑形状周りに格子を生成する場合に物体適合座標格子と比較して、労力や時間の面で節約が可能である。

しかし、デカルト格子を複雑形状に適用する場合、課題は、物体付近において計算格子と交わるセル、すなわち、カットセルと呼ばれるセル内における物体の取り扱いである。本研究ではカットセルと物体の交わり方として、4つの場合に分けて考える。また、途中で計算された結果に基づいて解適合を行う。

本研究では、この方法を NAL の SST 模型に適用し、検証する。

2. 流れの解法

本研究では、非粘性圧縮性流れの数値シミュレーションを行うので、支配方程式は Euler 方程式である³⁾。時間方向の離散化に関しては Runge-Kutta 法を、また、数値流束の計算には Hännel の流束分割法を用いた。

また体積が非常に小さくなるセルには、時間刻み幅 Δt の大きさが制限されるので、このようなセルは隣の比較的大きなセルと合体させる。

3. 解適合

衝撃波付近のように格子を必要とする場所に格子が集まるように解適合を行った¹⁾。格子を分割、あるいは結合する際、x、y、z 方向に等方的に分割を行うと、格子セル数が増大し、計算コストが増大し、効率が悪くなる。ここでは、x、y、z 方向それぞれ独立に分割や結合を行う非等方解適合格子を用いた。

4. カットセル内の物体の取り扱い

物体表面と交わるセル、すなわちカットセル内の物体を下図のようにそれぞれ4パターンに分類した。

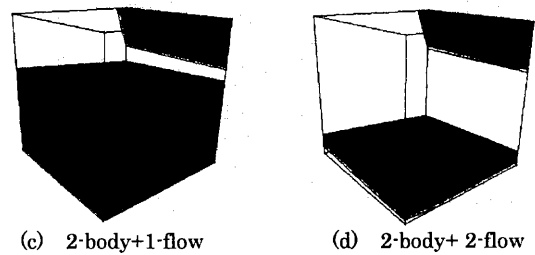
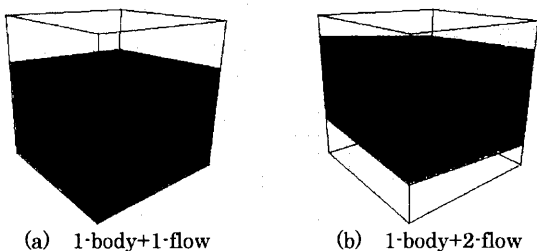


図1 カットセルの分類

5. 計算結果

マッハ数 $M=2.0$ 、迎角 $\alpha=2.0$ とし、密度とマッハ数を解適合パラメータに使用して、解適合を3回行った。

図2は SST 上面における表面圧力分布を、また、図3は 30%span における翼弦方向圧力係数 C_p の分布を示している。

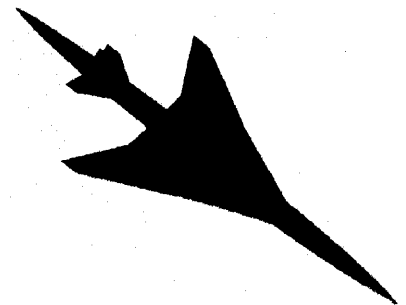


図2 SST 上面の表面圧力分布

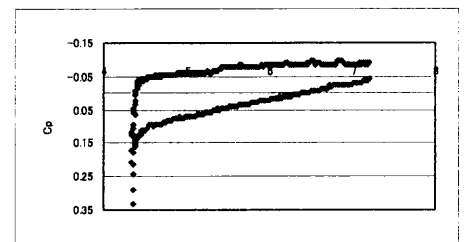


図3 30%span における C_p 分布

6. まとめ

カットセル内の物体の扱い方として4つのパターンに分類した結果、様々な形状に対応することが可能となった。また、解適合格子を適用することにより、衝撃波付近や翼前縁での格子解像度を高めることができ、合理的な圧力分布が得られた。

参考文献

- [1]: P.R.Lahur and Y.Nakamura, "Anisotropic Cartesian Grid Adaptation," AIAA 2000-2243, 2000.
- [2]: M.J.Aftosmis, "Solution Adaptive Cartesian Grid Methods for Aerodynamic Flows with Complex Geometries," von Karman Institute for Fluid Dynamics Lecture Series 1997-02, 1997.
- [3]: P.R.Lahur and Y.Nakamura, "A Cartesian Grid Generation Method Considering a Complicated Cell Geometry at the Body Surface," Trans. Japan Soc. Aero. Space Sci., vol.43, No.139, 2000.