

An Unstructured Grid Method for Incompressible Viscous Flows with a Free Surface

自由表面を伴う非圧縮粘性流れのための非構造格子法

日野孝則

平成9年1月

AIAA 35th Aerospace Sciences Meeting

AIAA Paper 97-0862

工学的に重要な流れは一般に複雑形状のまわりの流れなので、CFD(計算流体力学)技術を実際的な流れの解析に用いる場合に格子生成が問題になることが多い。複雑形状まわりの格子生成手法としては、マルチ・ブロック法などの領域分割法や非構造格子法が提案されている。このうち非構造格子法は計算領域を分割するセルの形状と並び方に大きな自由度を与える手法であり、領域分割法に比べてより大きな形状適合性を持っている。

CFD手法を船舶海洋など水力学問題に適用する際には、しばしば自由表面問題を扱う必要がある。自由表面流れは計算領域が時間とともに変形するという特徴があり、形状が固定されている場合より格子生成はさらに重要になる。したがって、自由表面流れを解析する手法として非構造格子法は極めて有用であると期待される。

本研究では、自由表面を伴う非圧縮粘性流れをシミュレートするために、非構造格子法を用いた2次元ナビエ・ストークス・ソルバーを開発した。支配方程式に擬似圧縮性を導入し、空間離散化にはセル中心に変数を配置した有限体積法を用いた。対流項は2次精度の風上差分を用い、粘性項は同じく2次精度の中心差分で評価した。時間積分は陰的に行ない、得られる連立方程式の解法はヤコビ反復法を用いた。乱流モデルにはSpalart-Allmarasの1方程式モデルを採用した。各時間ステップで計算格子を再配置することにより、非線形の自由表面条件を満足させている。

自由表面がない場合の物体まわりの層流と乱流の流れ計算によって本手法の基本的な性能を確認した後、自由表面問題への応用として没水水中翼のまわりの流れを計算した。結果は、実験結果や他の計算結果とよく一致し、本手法が自由表面問題解析に有効であることが確認された。

Investigation of a Three-Dimensional Power-Augmented Ram Wing in Ground Effect

3次元PAR-WIGに関する解析

平田信行、日野孝則

平成9年1月

35th AIAA(American Institute of Aeronautics and Astronautics)Aerospace Science Meeting and Exhibit

AIAA paper97-0822

WIG(Wing-in Ground effect)は、次世代の超高速船の担い手として期待されているが、大型化を図るには離着水速度を下げる必要があり、高揚力化という技術課題が残っている。この問題の解決策の一つが、RAR(Power Augmented Ram)である。このメカニズムは、翼の前方に推進器を配置し、その推進器で加速された空気流を翼下部に流し込むことにより翼下面の圧力を上げ、大きな揚力を得るものである。この方法を用いると超低速での離着水が可能になり、構造重量、エンジン重量を小さくし、ペイロードを増やすことができる。本研究では、前方にプロペラを配置した翼端板付き矩形翼まわりの流れを数値実験により求め、プロペラ、地面、翼の空気力学的な干渉について検討を行った。

数値解法は、単純化したモデルではあるが流場計算にはなお形状が複雑なため、流れ場を複数のブロックに分けて計算するマルチブロック法を用いたNSソルバーとした。ブロックの数や境界条件は入力データで変更可能であり、汎用の計算コードである。基本になっているNSソルバーは、擬似圧縮性を導入したNavier-Stokes方程式を有限体積法で離散化して解くものであり、非粘性項は3次の上流差分を用いたRoe's schemeで、粘性項は2次の中心差分で評価した。時間積分として、近似因数分解法による1次のEuler陰解法を適用した。プロペラはHough-Ordwayが提唱した体積力分布で表現し、乱流モデルはBaldwin-Lomaxの代数モデルを用いた。

地面板法を用いた風洞実験の結果と地面、翼下面の圧力、空気力に関して比較を行った。全ての高度域で計算結果と実験値とは良く一致しており、本計算手法がPAR-WIGまわりの計算に適用可能であることを確認した。また、PARの回転流が翼前縁付近で外向きの流れを促進し、低高度でも地面板上に2次元剥離が生じず、地面における境界条件の差が流体力にはほとんど寄与しないことがわかった。