

直交格子に基づく流体および構造解析用の自動格子生成法

1. 自動格子生成の必要性

計算機の普及と性能の向上によって、もの作りに数値シミュレーションを使う動きはますます広がっている。数値シミュレーションを利用する場合、通常、計算すべき領域を格子あるいはメッシュと呼ばれる網の目で覆う必要がある。しかも、格子の細かさが結果の精度を決めるため、検討すべき物理量の変化の大きいところには細かい格子を用意する必要がある。また、高い精度を維持するためには物体の形状に合わせた格子が必要となる。現状では、複雑な形状に対しては、自動的に格子を作成することは困難で、ケースバイケースで工夫し、一部人の手を借りて、格子を作成している。このため、格子作成が作業効率化や最適化手法の導入のボトルネックとなっている。

ボトルネック解消のため、われわれは直交格子法を基本として、物体表面近辺にプリズム格子を配置する自動格子生成ツール (HexaGrid) の開発を進めている^{(1)~(3)}。

2. 自動格子生成の方法

自動格子生成法にはいろいろな方法があるが、ここで用いているものは最も効率的な手法の一つである直交格子法に基づいた方法である。物体表面から離れたところでは直交格子をそのまま利用するが、近いところでは物体表面に沿うように格子を作り直す。主な格子の形は六面体である。

物体形状はCAD (Computer-Aided Design) との連携を考慮して、ほとんどのCADソフトウェアが出力できるSTL (Stereo Lithography) データ形式により、形状を取得する。このデータ形式では表面が三角形の集合で表現されている。

その後の格子生成手順の概要は以下のとおりである。まず計算領域の中に直交格子を作成する。格子をデカルト座標に合わせているため、自動で、非常に短い時間で作成することができる。次に、計算で利用しないセルを消す。たとえば、外部流の場合は物体の内部にあるセルを消す。さらに、残されたセルの境界から物体表面にある種の射影を行うことにより、物体表面に沿うようなプリズム格子を作成する。最後に、格子の品質を上げるため、ス

ムージングなどを行う。

この方法の特徴は、物体表面に向かって格子を作成することである。押出法のように物体表面から空間に向かって格子を作成する方法では、まず、表面格子を作ることになるが、そのためにはきれいな表面格子が必要となる。これに引き替え、この方法では図1に示すような汚い表面形状でも扱うことができる。これは実用上大きなメリットを持つ。その一つとしてCADから入力された表面形状をきれいにしなくてもよいだけでなく、物体が複数のコンポーネントで表現される場合もそのまま扱うことができるようになった (図2)。コンポーネントごとが自由に足したり、消したり、移動したり、変形したりできることは設計に非常に役に立つ。

3. 格子作成例

流体解析用の格子例を図3に示す。表面の曲率に応じて、曲率の大きいところでは細かく、小さいところでは粗くなるように制御している。この例では、翼の前縁や後縁のところで格子が細かくなっている。さらに、ユーザがGUI (Graphical User Interface) を利用して格子の密度を指定することができる。この例では、翼面上とエンジン周りの空間の格子を標準設定より細かくしている。

構造解析用の格子およびその結果を図4に示す。この格子は要素数約25万でセットアップに約5分、格子生成に約5分かかっている。比較のために、人間が介入する手法を利用した結果、同等の品質で要素数は17万と減らすことができたが、作成には1日程度かかった⁽³⁾。

4. おわりに

格子は解析精度と密接に関係しており、要求される精度を確保しつつ、高速かつ自動で作成されることが求められる。今後、解析手法に応じた最適格子の実現や解析結果のフィードバックといったことも検討していく予定である。

(原稿受付 2008年1月16日)

[岩宮敏幸 (独)宇宙航空研究開発機構, P. R. Lahur (株)計算力学研究センター]

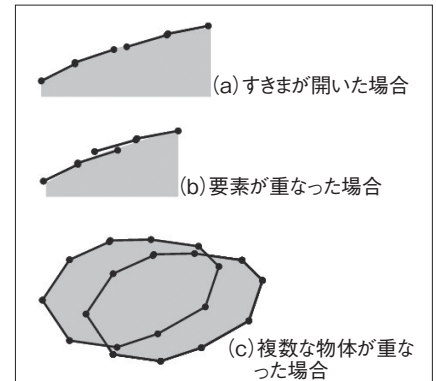


図1 このような形状も扱うことができる

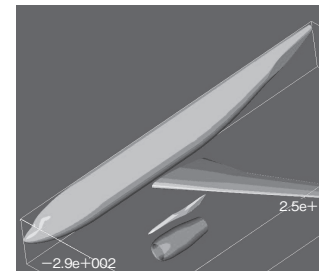


図2 複数のコンポーネントで表現された形状

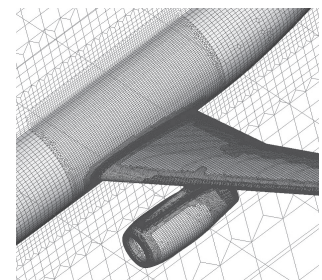


図3 外部流解析用の格子

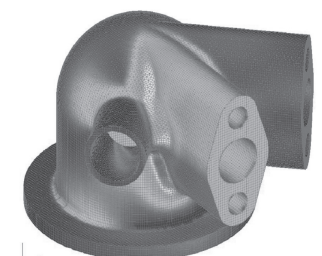


図4 固体内部の応力解析用の格子およびその結果

●文献

- (1) Lahur, P.R., Hexahedra Grid Generation Method for Flow Computation, AIAA 2004-4958, (2004).
- (2) Lahur, P.R., Automatic Hexahedra Grid Generation Method for Component-Based Surface Geometry, AIAA 2005-5242, (2005).
- (3) Lahur, P.R., (ほか), Extending Automatic Mesh Generator for Fluid to Structural Analysis: Hexagrid. 第49回構造強度に関する講演集講演集, (2007-7) 223-224.