

2次元直交格子を用いた shock-fitting 法の基礎的研究

Fundamental Study on the Shock-Fitting Method Using 2D Cartesian grid

- 西尾朋人, 東大, 東京都文京区本郷 7-3-1, E-mail: nishio-tomohito048@g.ecc.u-tokyo.ac.jp
 今村太郎, 東大, 東京都文京区本郷 7-3-1, E-mail: imamura@g.ecc.u-tokyo.ac.jp
 Tomohito NISHIO, The University of Tokyo, 7-3-1 Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo, Japan
 Taro IMAMURA, The University of Tokyo, 7-3-1 Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo, Japan

Abstract must be 100 – 150 words using 9pt Times font. This is a simple example of how to prepare the paper for CFD39. The headings should appear as above. The instruction is written in the main body. Abstract must be 100 – 150 words using 9pt Times font. This is a simple example of how to prepare the paper for CFD39. The headings should appear as above. The instruction is written in the main body.

1. 序論

2. 手法

2.1 Shock-Capturing 法 Euler 方程式ソルバー

圧縮性 Euler 方程式を直交格子有限体積法 (FVM) で解く。セル内物理量の再構築には MUSCL 法を用いる。物理量の勾配計算は WLSQ(G) 法により行い、制限関数として Van Albada リミッターを用いる。近似 Riemann ソルバーとして AUSM 族 SLAU スキームを使用する。時間積分は陽解放の 3 次精度の TVD Runge-Kutta 法で行う。CFL 条件は各セルの幅 Δx , Δy , 流体速度 $u_{i,j}$, $v_{i,j}$, 音速 $a_{i,j}$ を用いて、式 (1) で定める。

$$\Delta t = \frac{\text{CFL}}{\max \left(\frac{|u_{i,j}|}{\Delta x} + \frac{|v_{i,j}|}{\Delta y} + a_{i,j} \sqrt{\frac{1}{\Delta x^2} + \frac{1}{\Delta y^2}} \right)} \quad (1)$$

直交格子に沿わない物体境界での境界条件には、埋め込み境界法 (Immersed Boundary Method, IB 法) を用いる。

2.2 不連続領域の判定・抽出

2.2.1 圧縮性の顕著なセルの特定 セルごとの圧縮性の定量的な評価法として、速度場の発散を用いる。SC 法 CFD の計算結果から、各セルで速度の発散を計算し、その 2 乗平均平方根 (RMS) を算出する。速度の発散がこの RMS より大きいセルを、圧縮性が顕著なセルとし、不連続領域と特定する。

2.2.2 Connected Component Labeling [2.2.1]

で評価された圧縮性の顕著なセルは、数値的な速度発散に基づく定義であるため、物理的に意味のない領域 (ノイズや離小島) を含む場合がある。これらの不要な領域を自動的に除去し、物理的に意味のある高圧縮性領域のみを抽出するために、Connected Component Labeling (CCL) によるクラスタリング処理を適用する。[2.2.1] で評価された圧縮性の顕著なセルについて、同様のセルを縦横斜め 8 近傍に持つ場合に、それらを同一グループとしてクラスタリングしていく。得られた各クラスターごとにそのサイズ (属するセル数) を計算し、計算領域の全セル数に対して一定割合未満の小さい連結グループをノイズとして除去対象とする。こうして、対象となる比較的大きなクラスターのみを残し、物理的に意味のある領域を選別可能とした。この処理には Python の数値処理ライブラリ NumPy および SciPy の `ndimage.label` 関数を用いる。

2.3 Shock-Fitting 法

3. 結果

3.1 1次元非定常垂直衝撃波

3.2 2次元定常斜め衝撃波

3.3 2次元定常角柱離脱衝撃波

3.4 2次元定常円柱離脱衝撃波

4. 結論

参考文献

- (1) 荒川, 谷口, “論文の書式について,” 第 17 回数値流体力学講演論文集, 1 (2003), pp. 1-1.
- (2) Arakawa, C. and Taniguchi, N., “How to prepare the paper,” Proc. 17th CFD Symp., 1 (2003), pp. 1-1.