

# 地面上に並列配置された二つの直方体周りの非定常な流れの可視化

## Visualization of Unsteady Flow Around Two Parallel Rectangular Cylinders on the Ground

小野 謙二, 東大 IML, 〒133-8656 東京都文京区弥生 2-11-16, keno@iml.u-tokyo.ac.jp

Kenji ONO, IML, Univ. of Tokyo, 2-11-16, Yayoi, Bunkyo-ku, Tokyo, 133-8656

Flows around cubes on a ground were visualized numerically using a volume rendering technique. An RVSLIB library developed by NEC was used for the visualization to generate the images. The flow computation is performed on a Cartesian mesh system, which is consistent with the data structure of the volume rendering, to obtain the structure of interactions of wakes. In addition, the unsteady behavior of the flow was observed by the movies. This report gives the information, such as cost, time and effect, about the visualization using the volume rendering technique.

### 1. はじめに

車の床下の流れの様子は、床下の複雑な形状に起因する流れに加え、回転するタイヤや相対速度をもつて移動する地面など多様な境界条件の下にある。そこではタイヤの背後で生じる後流が複雑な流れを形成することに加え、地面上の境界層とも干渉する。このような流れの基本的な構造を理解するため、地面上に流れに対して並列配置された二つの直方体周りの非定常な流れの様子を、直交格子法を用いて計算しボリュームレンダリング法により可視化した。

### 2. 計算モデル, 計算方法および可視化方法

計算のモデルは立方体とした。本計算では、図1に示すような一つの立方体と並列配置された二つの立方体を計算対象とした。計算格子は直交格子を用い、 $\Delta x=0.05$  で  $160 \times 460 \times 70$  の約 515 万点である。計算のレイノルズ数は  $Re=10^3$  とした。

支配方程式には三次元非定常非圧縮の Navier-Stokes 方程式を用い、これを有限体積法で離散化した。解法には Fractional step 法を用い、対流項は QUICK スキームを使用している。時間積分は Euler 陽解法である。

可視化にはリアルタイム可視化ライブラリ RVSLIB<sup>(1)</sup> を使用し、ボリュームレンダリングを行った。この可視化ソフトウェアはライブラリ形式であるため、ユーザープログラムの中からサブルーチンコールする形で呼び出し、可視化を計算と同時に画像を生成する。

### 3. 計算結果

図2にボリュームレンダリングの可視化結果を示す。これは総圧を可視化している。立方体の周りに生じる馬蹄形の渦と後流でロールアップする構造が把握できる。非定常な流れの様子の可視化結果からは、ほぼ規則的な渦の巻き上がりの様子が観察される。並列配置された角柱周りの流れは立方体の隙間の間隔によってその干渉形態が変化することが二次元の場合に報告されている<sup>(2)</sup>。ここでは後流で干渉を生じるように、2立方体間隔を辺長を  $D$  として隙間を  $1D$  とした。図3には動圧で可視化した後流の干渉の様子を示す。隙間での流れが噴流のように振る舞うことがわかる。その向きが左右に振れる様子が非定常の可視化結果から観察された。ムービーは当日のプレゼンテーションでお見せしたい。

### 参考文献

- (1) Muramatsu, K., et al., "A Real-Time Visualization System for Computational Fluid Dynamics on Parallel Computers," Proc.

of Parallel CFD, Elsevier Science(1998).

- (2) 藤原ほか, "くいちがい配置された2正方形柱まわりの流れ", 日本航空宇宙学会誌, Vol. 40, No. 460(1992)pp276-284.

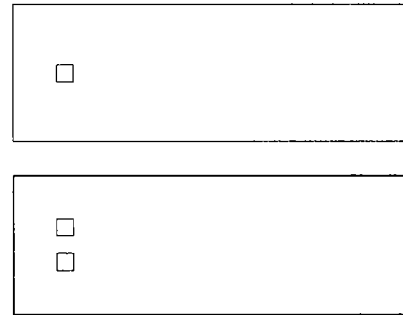


Fig. 1 Computational Domain (8Dx21Dx3.5D, D indicates the height of the cube).



Fig. 2 Volume Rendering Image for Flow Around a Cube.



Fig. 3 Dynamic Pressure Around Two Cubes.