

# 平板上の突起物から発生する空力音の生成および伝播に関する数値解析

## Numerical Simulation of Noise Generation and its Propagation due to Protuberances on a Flat Plate

安井 洋介, 名大院, 〒 464-8603 名古屋市千種区不老町, E-mail : yasui@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@nuae.nagoya-u.ac.jp

小池 勝, 三菱自動車工業 (株), E-mail : koike-masaru@pde.mitsubishi-motors.co.jp

Yousuke Yasui, Graduate School of Eng., Nagoya Univ. Nagoya 464-8603, Japan

Yoshiaki Nakamura. Dept. of Aerospace Eng., Nagoya Univ. Nagoya 464-8603, Japan

Masaru Koike, Mitsubishi Motors Corp. Japan

Aerodynamic noise generated from small protuberances on a flat plate is numerically simulated. The flow speed is  $U_\infty = 40\text{m/s}$ , and two kinds of protuberance: a forward facing step and a fence are selected. Noise generation and its propagation are examined by solving the 2D N-S equations to see small pressure fluctuations both in the near- and far-fields. These protuberances affect the flow patterns near the wall, such as vortices and flow separation. The FFT analysis shows that their radiated noises have different characteristics, depending on the protuberance shape. Overall, the results have qualitatively reasonable agreement with experimental data.

### 1. 緒言

平板上の剥離流れに伴う空力騒音は日常的によく観察される。例えば鉄道や車の車体周りの流れによる騒音の低減は、エンジン騒音等の低減と合わせて重要な課題となっている。剥離流れから発生する音に関しては古くから盛んに研究されているが、まだその発生や伝播のメカニズムは十分には明らかにされていない。本研究では簡単な形状まわりの流れを数値的に解くことにより、流れ場と空力騒音との関係を調べる。

具体的には、N-S 方程式を直接精度良く解くことにより、流れ場中の流体の圧力変動から音の圧力変動まで捕え、そのメカニズムを探る。また、計算結果を実験結果<sup>1</sup>と比較検討する。

### 2. 計算法及び計算条件

計算は二次元とし、ノズル出口の高さ方向の幅を  $D$  とする。出口下流側  $x=0.23D$  に置かれた突起物の形状はその高さを  $h = 0.07D$  とし、次の 2 種類について検討する。一つは前向き段差で、その角の丸みによる影響も考える。丸み半径  $r$  が  $r = 0, 0.01D, 0.02D$  の 3 種類について計算をした。もう一つはエッジ状の先端をもつ突起であり、先端部下流側は  $45^\circ$  の斜面になっている。また、一様流速は  $U_0 = 40\text{m/s}$  である。

本研究では支配方程式として圧縮性 N-S 方程式を用いている。流れは低速のため非圧縮性と考えるが、音による圧力変化を抽出するために圧縮性の方程式を解いた。音のような微小変動を捉えるためには、数値的な拡散を極力抑える高次精度計算が必要である。そのため、ここでは、本研究室で開発された、ENO と Roe の方法に基づく高精度計算コード<sup>2</sup>を使用する。時間積分は多段階 Runge-Kutta 法を用いた。本研究では、空間 6 次、時間 4 次精度としている。

計算は  $x=0, y=0$  から  $x=12D, y=4D$  までの矩形領域を考え、単一格子にて離散化した。格子幅は段差および突起の先端部で密として、最小の格子幅は  $1.0 \times 10^{-3}$  程度である。

### 3. 計算結果および考察

図 1 に  $(x/D, y/D) = (0.8, 2.0)$  での圧力時間変動を FFT 解析したものを示す。いずれの突起物の場合も明確なピーク周波数は見られない。また、実験結果<sup>1</sup>と比較すると全体的なスペクトルの傾向は類似している。特に低周波域 ( $1 \sim 8\text{KHz}$ ) での SPL の大きさは、2 つの突起、つまり、 $r=0$  の前向き断差とフェンスが他の 2 ケースより

高い音圧レベルを示し、これも実験結果<sup>1</sup>と良く一致している。

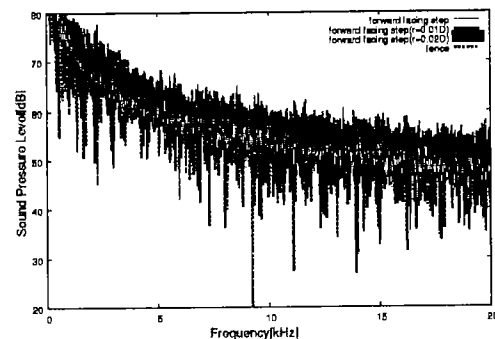


Fig. 1: Spectral analysis of pressure fluctuation at  $(x/D, z/D) = (0.8, 2.0)$ .

### 4. 結言

以上の結果を以下にまとめる。

- 本研究では物体まわりに細かい格子を生成し、空間 6 次精度、時間 4 次精度の高次精度計算法を適用して計算した。その結果、音波のような非常に微小な圧力変動を有する擾乱も捉えることができた。
- 一様流中にある平板上の突起物まわりの流れにおいては、流れが物体前縁から剥離し、ほぼ周期的に剥離渦が生成された。前向き段差の場合、角の丸みが大きいほど剥離は小さくなり、生成される渦の大きさも小さくなる。フェンス状の突起では、流れがフェンス背面に流れ込み、渦の生成過程をより複雑なものにしている。また、渦が合体するときに、大きな波が発生し、周囲に伝播していく。

### 参考文献

- 小池 勝, 深野 徹, 機論, 64-619, B (1998), pp. 767-774.
- 前田 一郎, 圧縮性剪断層における擾乱の成長に関する研究, 博士論文, 名古屋大学 (1997).