

# 音響コンプレッサ開発に関する基礎研究

Fundamental researches of acoustic compressor

塩崎 孝壽 (理工学研究科・助手)

Shiozaki K. (Graduate School of Science and Engineering・assistant)

## 1. まえがき

一端にピストンやスピーカーを取り付け、他端が閉端となっている共振管を管内気体の共振周波数で駆動させることにより、管内に有限振幅定在波が形成され、非常に大きな圧力変動を得ることができる。この大振幅圧力変動を利用した音響圧縮機や熱音響効果を利用した冷凍機の開発などの研究が進められている。本研究ではこの大振幅圧力変動を利用した音響圧縮機の開発に関する基礎研究として主として数値計算により共振管内定在波の物理的特性について検討し、合わせて過去の実験値から今後解析の方向を検討した。

共振管に用いられる最も基本的な管形状は管軸方向に管断面積が一定、言い換えれば直管であるがこの場合、管内気柱を一次の共振状態にすると、高次の共振状態が一次の整数倍であることから高調波についても共振状態となる。このため高次振動にもエネルギーが分配され波形ひずみが生じ、やがてそれは衝撃波に成長する。衝撃波が形成されるとピストンやスピーカーから与えられたエネルギーは気体内部で消費され振動振幅が飽和してしまう音響飽和が起り、大振幅振動が得られなくなる。したがって高次振動へのエネルギー分配を防ぐことができれば大振幅振動を得ることができると考えられる。高次振動へのエネルギー分配を防ぐには共振管断面積を軸方向に変化させることが必要かつ有効である。本年度は共振管の物理的基本特性を理解するため、最も基本的な形状である直管についての数値解析を進めてきた。数値解析において、流体の運動はNavier-Stokes方程式によって支配されるが、通常人間が聞くことのできる最大の「音」120 dBでさえもその圧力変動は0.02 kPa程度であるので通常は問題を簡単にするために線形問題として取り扱われる。これに対して本研究で対象とする音響管では数100 kPa程度の圧力変動を取り扱うことになるので、非線形問題とした取り扱いが必要となる。

## 2. 課題の取り扱い

具体的には以下のように解析を進めてきた。

断面積一定の管において→線形問題として取り扱える範囲の波動での基礎的理解→大振幅問題の解析→衝撃波を伴う共振の解析

## 3. 解析例と考察

図1は大振幅問題の解析例であり、左側が開口端、右側が固定端である。上から最大流入時、流入0、最大流出時の状態を示している。矢印は速度ベクトルをあらわし最大で10m/s程度、背景の濃度は圧力を表し4~5 kPaの圧力振幅が得られている。目標の数100 kPaにはまだかなりの開きがあるが、通常人間が聞くことのできる最大の「音」の数百倍の圧力が得られている。しかしながらこの条件では見られるはずの衝撃波のような急な圧力の立ち上がりが見られず実際の現象を正確に模擬するに至っていない。一方では予想された共振管

の中央部と壁面付近において速度に位相差が生じていることも見出された。この現象は実験的に検出することが困難であり、かつ共振管内の物理現象を決定する重要な要素と考えられることから、3次元解析の有用性が実証されつつある。

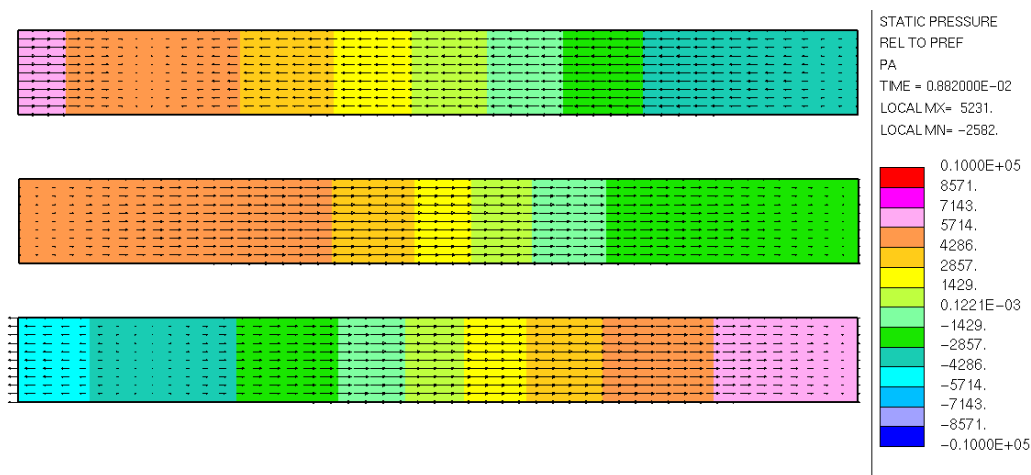


図1 共振管内の圧力と流速分布

#### 4. 過去の実験と今後の課題

図2は過去に行われた共振管内気体の周波数応答実験結果の一例で、左側が管の母線の形状が二次関数、右側sin状の場合である。横軸は駆動周波数、縦軸は得られた圧力振幅を初期圧力で無次元化した値をピストンの加速度をパラメータとして表したものである。また、upは低周波数側から高周波数側に、downはそれと逆に駆動周波数を変化させたことを示す。二次関数管の場合周波数応答のQが高く、大きな圧力振幅が得られている。sin状管の場合Qが低く音響圧縮機として利用する場合動作は安定していると言えるが、得られる圧力振幅が小さくなっている。共振管の周波数特性を調べることは基礎データとして非常に重要であるが1条件の解析で1点のデータが得られることになるので実験との比較方法が課題となる。また、衝撃波を伴う共振領域と軸方向に断面積が変化する管内の波動状態の解析も今後の課題である。

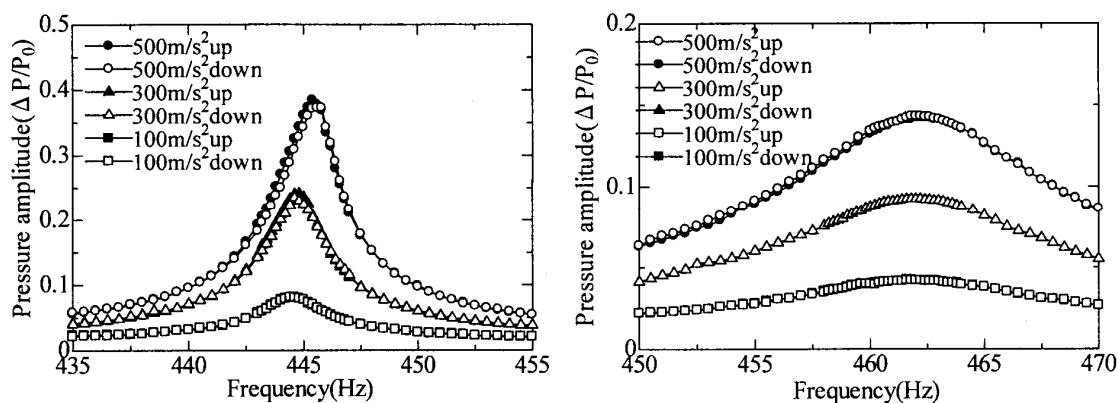


図2 共振管の周波数応答試験