

# 論文審査の結果の要旨

氏名 李 艶栄

本論文は、大型プラントや新幹線・自動車といった高速移動物体に関するトラブル要因となるなど工学的重要性が高い流体関連振動現象に着目し、最先端の実験的手法によってこれらの流体现象に関する詳細データを取得し、振動発生条件や振動数決定機構を解明することを目的としてデータ分析・検討を行った成果について述べられている。

本論文では流体の自励振動現象を、流れ場に固有振動数を持つ物体が存在し、その固有振動数への引き込み現象を伴う可能性のある振動現象と、特定の固有振動数が存在しない系で生じる振動現象とに大別して研究を進めている。本論文では、キャビティトーン現象を前者の代表的な振動現象として、小型フルイディックスを後者の代表的な振動現象として取り上げ、最先端の実験的手法によって精査している。キャビティトーン現象は、人工物の騒音振動やエネルギーシステムの高出力化に伴って生じる音響共鳴など、多くの人間環境システムで問題となっている。古くから工学的利用が進められている流体振動子は、最もシンプルな流体自励振動であり、小型省エネ機器への組み込みが試みられているが、小型システム内では発振しにくいなどの問題がある。

第一章では固有振動数が系に存在する場合としない場合の振動現象を広く調査し、自励振動に必要なフィードバックシステムのこれまでの定説についてまとめ、本研究の目的を述べている。第二章では、キャビティトーン現象、フルイディックスについてそれぞれ既往の研究を詳細にまとめ、これら既往の研究に欠けている点を指摘している。

第三章ではキャビティトーン現象発生時の流れの挙動を高速度 PIV 実験によって明らかにした。実験では十字共鳴管を持つキャビティについて、その振動発生条件と密接に関連するロックイン現象に着目し、ストローハル数 0.4 以下で流れが振動する比較的低レイノルズ数条件(約 10 万以下)においては、共鳴管の固有振動数から 50%離れた振動数条件であっても、ストローハル数一定となる振動が生じること、10 万以上のレイノルズ数条件では強いロックインが生じて気柱の固有振動数で振動が発生することを明らかにした。また、振動発生時の振動位相の遅れを空間的に測定する手法を提案するとともにこれを明らかにした。ロックイン現象は構造物と流れの相互作用による自励振動現象を含め、固有振動系の存在する多くの流れ場で生じるが、そのロックイン現象について、ストローハル数とレイノルズ数によって、発生の有無を明らかにしている。また、振動の空間的伝播を求める手法は汎用的であり、有用な工学的手法である。

第四章では、フィードバックループ付きの小型フルイディックスの振動数決定モデルについて検討した結果をまとめている。小型フルイディックスは工学的な利用が進められている通常のフルイディックスと異なり、ストローハル数が一定ではない、振動数が流速に比例し

ない特異な挙動を示す。このメカニズムや振動数決定メカニズムは不明であり、小型のエネルギー環境機器への導入が進んでいない。本論文では振動発生時の流れ場全体の速度分布を捉え、局所的な速度差が100倍以上もある流れの分析を、高速度PIVを用いて行った。また、汎用数値シミュレーションコードを用いた数値的な検討も行っている。実験の結果に基づき、フィードバックループ内の流れが、振動を噴流が直進方向から容器壁まで移動するのに要する時間を支配しており、液体流れでありながら圧力フィードバック系とは異なる点で既存の大型システムと異なることを明らかにした。また、容器壁から直進方向まで噴流が立ち直るのに要する時間は、流れの擾乱の伝播速度、ストローハル数で決まっていることを明らかにした。更に、小型フルイディクスでは、これら二つのプロセスとコアンダ効果との相互作用によって噴流が容器壁に留まる、二つのプロセス間の遷移が時間遅れを伴うことを明らかにし、新しい振動数決定モデルを提案した。これはフルイディクスの小型環境エネルギー機器への導入に重要な一般的な知見である。

審査では、以上の内容について、特に小型フルイディクスの振動プロセスに関する物理的な意味に着目した議論が行われた。その結果、本研究において新しく提案した実験的な手法や提案した振動モデルの学術的意義は、博士（環境学）の学位を受けるにふさわしいとの審査結果に至った。

したがって、博士（環境学）の学位を授与できると認める。