

論文審査の結果の要旨

氏名 桑原 譲二

本論文は、流体中に置かれた円柱構造物が流体関連振動を起こしている状況を高時間・高空間解像度で計測するシステムの開発と新しい画像処理手法を提案し、その結果として異方性のある振動現象を発見するとともに、その振動発生機構について論じたものである。本論文は4章で構成されている。

第1章では、本研究の動機と目的について述べている。流体中に置かれた円柱構造物が流体関連振動を起こして破損した高速増殖炉「もんじゅ」の事例などを引き、円柱構造物の流体関連振動に関する研究の現状をまとめている。2自由度を持つ円柱構造物の振動現象に関する基礎的な知見が、必ずしも十分ではないことを指摘している。また、流体関連振動を計測する場合には、構造物に掛かる圧力計測が重要であるが、その圧力計測に関する研究をまとめている。これらの現状を踏まえ、円柱構造物の信頼性向上に役立つような流体関連振動の知見を得るため、高速度カメラと高速度レーザを用いた高速度PIVシステムを開発するとともに、構造物と流動の同時計測を行い評価を進めるとともに、圧力分布を解析するための画像処理手法開発を本研究で目的とする事を明確化している。

第2章は流体関連振動する自由振動円柱の特性について、実験的に評価した結果を述べている。10kHzのサンプリング間隔で、円柱の振動挙動と円柱周りの速度分布を定量化した。その結果、換算流速がある領域において、流れに対して並行方向と鉛直方向とで振動周波数に違いがある、振動の異方性を発見した。その結果として、ストローハル数が0.2~0.4の間で、振動周波数が2種類存在することを明らかにするとともに、過去の研究と比較して、このような振動の異方性が片持ち梁的な支持の円柱構造に特有である可能性を指摘した。さらに、この異方性の生ずるメカニズムとして、円柱先端部から放出される渦構造の特性を明らかにするとともに、この渦構造が異方性の原因である可能性を指摘している。

第3章では、振動する円柱構造物周りの圧力分布をPIVによって計測された速度情報から求める手法について述べている。一般的なPIVでは、速度分布は矩形の格子点上で定義されるが、本手法では振動する円柱構造物を中心とする極座標系で速度分布を求めることを提案している。具体的には、振動する円柱構造物の中心を画像処理によって求め、その点を原点とする極座標を元に粒子画像を変形させる。この粒子画像から速度ベクトルを算出することで、極座標で定義された速度分布を得る。さらに、極座標系でポアソン方程式を解くことで、円柱周りの圧力分布を求められることを示している。標準画像によって手法の精度評価を行い、十分な精度で速度情報が求められることを示している。

第4章は結論であり、本論文で得られた成果をまとめている。

なお、本論文第2、3章は、岡本孝司及び染矢聡との共同研究であるが、論文提出者が主体となって実験、解析、評価を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

以上のように、本論文は、流体関連振動を行う円柱構造物に対し、高時間・高空間分解能で振動と流体速度を同時計測する手法、及び圧力分布を求める手法を提案するとともに、実験により流体関連振動を評価し、振動の異方性を発見するとともにそのメカニズムについて議論を行った研究であり、人間環境学、特に可視化環境学の発展に寄与することが少なくない。よって、本論文は博士(環境学)の学位請求論文として合格と認められる。