	たなか　よしひろ
氏　　名	**田　中　嘉　宏**
学位(専攻分野)	博　士（工学）
学位記番号	博甲第　464　号
学位授与の日付	平成 19 年 3 月 26 日
学位授与の要件	学位規則第 3 条第 3 項該当
研究科・専攻	工芸科学研究科　情報・生産科学専攻
学位論文題目	**流体・構造連成解法による流体振動応力場の予測**
	(主査)
審査委員	教授　松野謙一
	教授　荒木栄敏
	教授　森西晃嗣
	助教授　村田　滋

論文内容の要旨

本論文は、流体シミュレションコードと幾何学的非線形性を考慮した構造体解析コードとを組み合わせた手法およびそれを用いた流れと構造物との相互干渉を解析した結果を示している。

原子力発電所における配管内のさや管が流体振動により疲労損傷した事例が示すように、流体と構造体との連成振動の解析は工学的に重要な問題である。本論文は、従来より広く行われている構造体を弾性支持された剛体として取り扱うのではなく、構造体自体を弾性体として取扱い、非定常流体力と連成解析した点に特徴がある。まず、幾何保存則を考慮した重畳格子法を用いた二次元流体解析コードと幾何学的非線形性を考慮した構造体の二次元準静的解析コードを組み合わせた流体・構造弱連成解法コードを構築し、二次元楕円環周りの数値計算を行い、レイノルズ数 10 では、楕円物体の上端と下端は水平軸に対して対称な一定の変形形状を保持し、定常流れになること、またそのときの物体内部のせん断応力分布も水平軸に対して対称であり、楕円上端と下端に対称なピークを持つことをしめした。レイノルズ数 100 の流れでは、楕円物体の上端と下端の水平方向変位は周期的な振動となり、その振動周期は揚力値と同期し、上端と下端は同じ振幅で逆位相で振動すること、および渦が上端部，下端部で放出されるとき、放出される部位のせん断応力が反対側端部に比べ高くなること等、非定常な流れ変動と構造体内に生じる応力やひずみ変動の関係、最大応力やその発生個所の特定の可能性を示した。次に本手法を三次元に拡張し、構造体内に生じる最大応力やその発生個所は、構造体の拘束条件と密接に関係していることに注目し、両端が壁で固定支持された三次元弾性円環に対する流体・構造弱連成解析を行い、レイノルズ数 100 の非定常流れでは、円環柱が、「く」の字状に変形すること、交互の渦の放出に伴い垂直方向にも振動し、この垂直方向変位および円環柱内に生じるせん断応力の変動は円環柱に働く揚力の変動と同期することを示した。最後に、工業分野の実用問題への適用を考慮し、構造体解析コードに慣性項を考慮した運動方程式を適用し、三次元円環柱周りの連成計算を行った。レイノルズ数 10 の流れでは、変位および応力が一定の値に収まるまで、ある程度の時間を要すること、また、円環柱の壁面近くと中央部付近では、変位および応力が一定の値に収まるために要する時間が異なることを示した。

論文審査の結果の要旨

計算科学の先駆的分野として計算流体力学は著しい発展を遂げているが、現在のこの分野の主要課題のひとつに、流体・物体連成解析が挙げられる。申請者の論文はそのような流体・物体連成問題を扱ったものである。　本論文では、流体シミュレーション手法と幾何学的非線形性を考慮した構造体解析手法を組み合わせた方法を提示し、それを用いて流れと構造物との相互干渉を解析した結果を示している。特に、本論文の手法は、従来より広く行われている構造体を弾性支持された剛体として取り扱うのではなく、構造体自体を弾性体として取扱い、非定常流体力と物体の弾性力を連成解析した点に特徴がある。

まず、二次元弾性楕円環周りの流れと構造界との連成解析を行い、流れの変動と構造体内部に生ずる応力及びひずみ変動の関係を明らかにし、最大応力及びその発生場所を特定した。次に両端が壁で固定された三次元弾性円環柱（薄肉中空円管）に関する連成解析へと拡張し、流体中の渦放出と円環柱内に生ずるせん断応力の時間変動との関係を明らかにした。さらに、構造体解析コードに慣性項を考慮した運動方程式を適用した連成干渉計算を行い、定常流条件下であっても変位および応力が一定値に収まるまでに要する時間が部位によって異なることを示した。

以上のように申請者の研究は、従来にない取り組みを通して流体・物体連成問題を解析する手法を提示し、工学的に寄与する成果を上げている点は高く評価できる。なお、本論文の主要部分は、以下の３編の査読付き学会論文集（その内１編は印刷中）と１編の国際会議プロシーディングとして公表され、そのうち３編は申請者が筆頭著者である。

１．橋本知久，田中嘉宏，森西晃嗣，里深信行、流体力を受けて変形する二次元弾性体モデルの形状と抵抗、日本機械学会論文集 B 編、第 72 巻 713 号、pp.9-16 (2006)

２．田中嘉宏，森西晃嗣，松野謙一、弾性変形を伴う物体周りの二次元非定常流れの数値計算、日本機械学会論文集 B 編、第 72 巻 718 号、pp.1426-1433 (2006)

３．田中嘉宏，森西晃嗣，松野謙一、三次元弾性円環柱に対する流体・構造連成計算、日本機械学会論文集 B 編（掲載決定）(2007)

４．Yoshihiro Tanaka, Koji Morinishi, Kenichi Matsuno, Numerical Simulation of Vortex-Induced Vibration of an Elastic Cylinder Considering Fluid-Structure Interaction, The Third International Conference on Vortex Flows and Vortex Models (2005)