様式 C-7-2

自己評価報告書

平成２３年　５月１１日現在

機関番号：１５３０１

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2008～2011

課題番号：20560161

研究課題名（和文）気泡（マイクロバブル）を含む２次元・３次元後流中の渦構造とカオス・乱流遷移

研究課題名（英文）Vortical structures, chaos and turbulence transition in two- and three-dimensional wakes of micro bubble flows

研究代表者

柳瀬　眞一郎（YANASE　SHINICHIROU）

岡山大学・大学院自然科学研究科・教授

研究者番号：20135958

研究分野：工学

科研費の分科・細目：機械工学・流体工学

キーワード：円柱後流，カルマン渦列，ポアンカレ断面，マイクロバブル，抵抗低減，スペクトル法

１．研究計画の概要

気泡(マイクロバブル)を含む，カルマン渦やらせん渦の発生を伴う２次元・３次元後流の数値シミュレーションを行い，気泡が渦構造および遷移に与える影響を調べる．特に，進行波解や周期解などの基本解を解析することによって，流れがカオス・乱流へと遷移する様子を詳細に追跡する．結果は，マイクロバブルによる抵抗削減や，熱伝達の改善，流れの制御に対して新しい知識を得ることが期待される．主な目的は以下の３項目である。

(1) 気泡（マイクロバブル）を含む流れの基礎方程式の確定

(2) 気泡を含む２次元・３次元後流の基本解の導出

(3) 流れのカオス化・乱流遷移の研究

２．研究の進捗状況

(1) 数値計算法

カルマン渦列の基礎研究として，２次元流に限定し，スペクトル展開を行い定常解の分岐を調べ，その安定性と非定常解の行動を研究した。流入・流出のある流れに対しては通常 Sommerfeld の放射条件を用いるが，任意性が強く，基本的な研究のためには適当でない。そこで本研究では流れ場を適当な関数によって有限領域へと変換し，その領域で通常用いられる Chebyshev 多項式による展開に代わって Legendre 多項式による展開を用い，任意性の強い流入・流出条件の導入を避けることができた。さらに補間点として Legendre 多項式のゼロ点とすることによって高い精度を達成することが可能となった。結果として，レイノルズ数が約46で双子渦が不安定となりカルマン渦列がホップ分岐することが示され，過去の多くの研究と一致した。続いてカルマン渦列の安定性をポアンカレ断面法に GMRes 法を組み合わせて計算した。その結果，レイノルズ数が400 と 700 の間で不安定化することが示された。不安定化する撹乱は千鳥格子状ではなく，渦対を構成するような形状でカルマン渦列を蛇行させるような構造を持つ。

(2) マクロバブル流の実験

マイクロバブルを発生させ，それを含んだ水をパイプに導くことによって，マイクロバブルの抵抗削減効果を検討した。マイクロバブルは対向型旋回式発生装置で作り，それをパイプへと導いた．濃度は 1% 以下である．これによって直管で約 51%，ヘリカル管で約 16% の抵抗削減を達成することができた．この基礎研究によってマイクロバブルの性質を詳細に調べることができた。また，微細電極を用いた水素気泡法によるマイクロバブル発生装置を新たに製作した。これらの新規装置を用いてPIV計測を行うことにより，層流乱流遷移域における円管内流の様子を明らかにした。その結果，比較的直径の太い管を用いると，細い管を用いた場合とは逆に乱流遷移が促進されることが明らかとなった。

３．現在までの達成度

本研究課題の当初研究目的の達成度については以下のように判断される。

② おおむね順調に進展している。

その理由は，数値計算・実験とも当初予定した目的をほぼ順調に達成しているが，研究成果を十分にまとまった形でまとめあげることができていないからである。

４．今後の研究の推進方策

(1) 数値計算

３次元数値計算については，計算コードがやや不安定であるため，期待通りの高精度な解が求まっていない。そこで展開関数と選点を工夫することにより，より精度の高い計算を目指している。また大規模計算機を用いることによって十分に大きなモード数を取り，モード数不足による問題点を解消したい。

(2) マイクロバブル流の実験

レーザの出力不足のため，PIV測定の精度が十分でなく，精密な測定ができなかった点を解消するため，より高出力のレーザを準備して精密な測定を行う。これにより乱流流れ場の正確な把握が可能となる。

５． 代表的な研究成果

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計３件）

① Y. Hayamizu, K. Yamamoto, S. Yanase, T. Hyakutake, S. Morita, S. Ohtsuka, Experimental Study of the Viscous Pump with a Helical Channel Rotor: Torsion Effect of the Channel, Journal of Thermal Science, Vol.19, No.2, pp.154-159, 2010, 査読有.

② M. Shatat, S. Yanase, T. Takami and T. Hyakutake, Drag Reduction Effects of Micro-bubbles in Straight and Helical Pipes, Journal of Fluid Science and Technology, Vol.4, No.1, pp.156-167, 2009, 査読有.

③ 谷脇充浩，本田真一，上田健士，山本恭二，柳瀬眞一郎，百武徹， 対向した2台の旋回式マイクロバブル発生装置の干渉， ながれ，Vol. 27, No. 2, pp. 133-142, 2008, 査読有.

〔学会発表〕（計２件）

① 柳瀬眞一郎，M.M.E. Shatat, 高見敏弘，マイクロバブルによる管内流の抵抗低減と伝熱特性， 日本機械学会2010年度年次大会講演論文集 S0506-1-1, 2010.9.6, 名古屋工業大学.

② 渡辺毅，柳瀬眞一郎，河原源太， 円柱後流中の渦構造の研究， 日本流体力学会年会2008講演要旨集，pp.166, 2008.9.5, 神戸大学.

〔図書〕（計１件）

柳瀬眞一郎， 百武徹， 河原源太， 渡辺毅， 乱流のシミュレーション LESによる数値計算と可視化　翻訳， 森北出版， 2010, 216頁.

〔産業財産権〕（計０件）

〔その他〕

特になし。