

自己評価報告書

平成23年 5月 6日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2008～2011

課題番号：20360085

研究課題名（和文） キャビテーション不安定流れシステムのLES解析に関する研究

研究課題名（英文） Study on the LES analysis of system instability in cavitating flows

研究代表者

梶島 岳夫 (KAJISHIMA TAKEO)

大阪大学・工学研究科・教授

研究者番号：30185772

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：キャビテーション、乱流、ラージエディシミュレーション、
直接数値シミュレーション、渦、翼列、計算流体力学、サージ

1. 研究計画の概要

研究期間を第1期（平成20～21年度）と第2期（平成22～23年度）に大別し、第1期ではキャビテーション乱流解析技術すなわちLESのサブグリッドスケール（SGS）モデルと低マッハ数流れ解析法を構築し、第2期では翼列のキャビテーション不安定流れに対して、熱力学効果（流体物性の影響）と境界条件（上流側と下流側の応答特性）を解析するコードを開発し、翼列キャビテーション乱流の連成解析コードに統合する。

2. 研究の進捗状況

(1) キャビテーション乱流解析

①サブグリッドスケール（SGS）モデルの検証： 剪断乱流の直接数値シミュレーション（DNS）の結果を解析し、1方程式ダイナミックモデルに組み込んだ乱流渦キャビテーション発生モデルのa prioriテスト（DNSにフィルターをかけた結果とモデルの相関試験）とa posterioriテスト（実際にラージエディシミュレーション（LES）を実施してDNSの結果の再現性を検証）を実施した。

②直線翼列のキャビテーション不安定流れ解析： 上記のLESモデルの組み込むための三次元プログラミングを行った。また、二次元単独翼まわりのキャビテーション流れに対して、弱圧縮解法に基づく三次元解析を実施するとともに、幅広いキャビテーション数に対する翼特性を最近の実験データと比較して二次元解析の信頼性を検証した。

(2) キャビテーション流れシステム解析

①熱力学効果の解析のための基礎研究： 流体の熱物性を考慮した解析に着手するた

め、蒸発および凝縮を伴う気液界面に対して、全ての相に非圧縮を仮定せず、分子動力学的に導出された境界条件を適用する方法を提案し、これを安定に計算するためのスキームの検討を進めた。

②翼列不安定に及ぼす境界条件の影響： キャビテーション不安定に対する上流側・下流側の応答特性をモデル化して境界条件として与え、その影響の大きさを調べ、人為的に加えた流量変動による翼列流れの不安定とサージとの関係を明らかにし、サージの予測法を提案した。

3. 現在までの達成度

②おおむね順調に進展している。

（理由）キャビテーション乱流モデルの開発に関しては、乱流渦によるキャビテーション初生の表現は完成したが、キャビテーションによる乱流変調については検証作業中である。不安定流れ解析については、実現象を本質的に再現できたと考えるが、サージによる流れ場とシステムの相互作用に対してはいくぶん人為的な境界条件を使用しており改善の余地がある。熱力学的效果に関しては、蒸発・凝縮を含む界面の位置を作為を含めずに決定するスキームは4年計画の3年目において未完成である。

4. 今後の研究の推進方策

既に非定常のキャビテーション乱流のLESモデルの構築、それを用いた三次元流れの解析を実施できる見通しを得ているが、熱力学的效果に関しては、当初に予定した温度変化による流体物性の変化にとどまらない界面現象の影響が大きいことがわかってきた。加

えて、気泡崩壊時の熱的損傷に関する実験的観察のレポートが公表された。

以上の進捗状況と工学的要請から、現行プロジェクトの最終年度の課題を発展させ、界面の熱的効果を考慮した非定常キャビテーション現象という新たな研究展開を世界に先駆けて実施すべきであると考え、新たに基盤研究(B)「固体壁近傍におけるキャビテーションの熱的効果に関する研究」(課題番号23360085)が採択された。本研究課題の未達成項目は全て新規研究課題に組み込まれている。

5. 代表的な研究成果

[雑誌論文] (計 6 件)

- ① Kie Okabayashi, Takeo Kajishima, Modeling of the subgrid-scale pressure distribution in turbulent mixing layer, Journal of Fluid Science and Technology, Vol. 6, pp. 73-84, 2011 (査読有)
- ② 梶島岳夫, 竹内伸太郎, 固気液混相流の直接数値シミュレーション, 日本機械学会論文集 B 編, Vol. 76, pp. 712-719, 2010 (査読有)
- ③ 岡林希依, 梶島岳夫, DNS を用いたキャビテーションによる乱流変調の解析, 日本機械学会論文集 B 編 Vol. 76, No. 764, pp. 570-579, 2010 (査読有)
- ④ 梶島岳夫, 安柄辰, 岡林希依, 太田貴士, 二次元直線翼列において旋回する部分キャビテーションの一般性, 日本機械学会論文集 B 編 Vol. 75, pp. 1626-1633, 2009 (査読有)
- ⑤ Tsutomu Ikeno, Takeo Kajishima, Analysis of dynamical flow structure in a square arrayed rod bundle, Nuclear Engineering and Design, Vol. 240, pp. 305-312, 2010 (査読有)
- ⑥ 岡林希依, 太田貴士, 梶島岳夫. キャビテーションと乱流要素渦の相互作用, 混相流研究の進展 Vol. 3, pp. 1-8, 2008 (査読有)

[学会発表] (計 32 件)

- ① Byung-jin An, Kie Okabayashi, Takeo Kajishima, Influence of flow rate fluctuation on the rotating cavitation flows through two-dimensional cascade, 2010 International Conference on Pumps and Fans, 2010. 10. 18, Hangzhou, China
- ② Jun Itoh, Takeshi Omori, Takeo Kajishima, A pressure-based method for multi-phase thermo-fluid flow with phase change, 9th World Congress on Computational Mechanics, 2010. 7. 19, Sydney, Australia
- ③ Kie Okabayashi, Takeo Kajishima, Subgrid-scale modeling of cavitating turbulent flow in LES, International

Conference on Multiphase Flow 2010, 2010. 5. 30, Tampa, Florida, USA

- ④ Kie Okabayashi, Takeo Kajishima, Investigation of turbulent modulation by cavitation for subgrid-scale modeling in LES, 7th International Symposium on Cavitation, 2009-8. 17, Michigan, IL, USA
- ⑤ Byung-Jin An, Takeo Kajishima, Kie Okabayashi, Generality in the unsteady cavitating flows in two-dimensional cascades, 7th International Symposium on Cavitation, 2009-8. 17, Michigan, IL, USA
- ⑥ Kie Okabayashi, Takeo Kajishima, DNS and LES of cavitating turbulent flow, 6th International Symposium on Turbulence and Shear Flow Phenomena, 2009. 6. 22, Seoul, Korea

[その他]

ホームページ <http://www-fluid.mech.eng.osaka-u.ac.jp/>