OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	A CAUSE AND SUPPRESSION METHODS OF CAVITATION INSTABILITIES IN AN INDUCER FOR ROCKET ENGINES
Author(s)	姜, 東赫
Citation	大阪大学, 2010, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/54260
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

【160】

氏名	姜（カン） 東赫（ドン ヒョク）
博士の専攻分野の名称	博士（工学）
学位記番号	第 23878 号
学位授与年月日	平成22年3月23日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 基礎工学研究科機能創成専攻
学位論文名	A CAUSE AND SUPPRESSION METHODS OF CAVITATION INSTABILITIES IN AN INDUCER FOR ROCKET ENGINES （ロケットエンジン用ターボポンプインデューサに生じるキャビテーション不安定現象の原因と抑制方法）
論文審査委員	（主査） 教授 辻本 良信 （副査） 教授 杉本 信正　教授 川野 聡恭

論文内容の要旨

インデューサのキャビテーション不安定現象の解明とその防止法について研究した．インデューサのキャビテーション不安定現象の解明のために，まず三次元非定常解析を実施した．これにより，キャビテーションサージ，旋回キャビテーション，交互翼キャビテーションなどのキャビテーション不安定現象の再現に成功した．さらに，キャビテーション発生時の速度ベクトルとキャビテーションが発生していない場合の速度ベクトルの差からキャビテイによる擾乱速度場を求めた．その結果，キャビテイ後端付近にはキャビテイ後端に向かう流れが存在し，この流れと隣接翼前縁の干渉により各種不安定現象が発生できることが確認できた．これまで実際の３次元流れの場合について不安定現象の発生原因は明らかでなかったが，この研究によりこれが明らかとなった．また，このような流れ場の存在は，実験的にも確認された．そこで，この方針に沿って３種のインデューサを設計，製作，試験した．後退角を大きくしたインデューサでは，低キャビテーション数で発生するキャビテーションサージを除き，設計流量の95%以上の流量でキャビテーション不安定現象が抑制された．出口羽根角を増加させたインデューサは高流量で十分な吐出圧力が得られ，設計流量以上ではキャビテーション不安定現象が完全に抑制された．入口羽根角を減少させたインデューサも，設計流量以上ではキャビテーション不安定現象が発生しなかった．また，インデューサ入口ケーシング壁面に周方向の溝を設けた場合について実験を行った．その結果，翼端漏れ渦キャビティが周方向の溝に挟まれ，全流量領域で旋回キャビテーション，非対称キャビテーション，キャビテーションサージなどキャビテーション不安定現象が完全に抑制された．この結果から，翼端漏れ渦キャビティと隣接翼前縁の干渉を防止するインデューサの設計方針はキャビテーション不安定現象の防止に有効であることが示された．

論文審査の結果の要旨

インデューサに生じるキャビテーション不安定現象を防止することは、ロケットエンジンの信頼性を確保する上で最重要の課題である。本論文は数値流体解析並びに実験によりキャビテーション不安定現象の発生原因を明らかにするとともに、これに基づいてキャビテーションを防止するインデューサ設計法を明らかにしたものである。

第１章ではキャビテーション不安定現象に関するこれまでの研究を概観し、問題点を明らかにしている。

第２章では、研究に用いる実験装置、実験法、数値解析法について述べている。

第３章では、翼端キャビテーションと隣接翼前縁の干渉を防止することによって不安定現象が防止できるという、これまでの実験的研究で得られた知見に基づき３種のインデューサを設計・製作・試験し、その有効性を実験的に検証した。非キャビテーション流れに対する定常解析を用い、翼端渦が隣接翼と干渉しないように次の３種のインデューサの設計が行われた。最初の設計は、前縁後退角を極端に大きくし、翼端渦の発生位置を下流にずらせて隣接翼との干渉を防止しようとするものである。第２のものは、高流量では翼端渦が羽に沿うことに着目し設計流量を高流量にずらせ、高流量でも十分な圧力上昇が得られるように出口羽根角を大きくするものである。第３のものは、入口羽根角を小さくすることによって前縁負荷を小さくし、翼端渦が羽根に沿うようにするものである。これら３種の羽根車を製作し実験を行うことにより、第１の設計ではすべての流量において、第２、３のものでは低流量以外で不安定現象が防止できることが実証された。また、キャビテーション発生下における数値流体解析を行い流れの詳細を明らかにするとともに、数値流体解析の信頼性が確認された。

第４章では前章で検証された数値流体解析を用いて不安定現象の発生原因が明らかにされた。まず、定常計算で解析可能な交互翼キャビテーションのシミュレーションを行った。キャビテーションが発生している場合と発生していない場合の速度ベクトルの差を取ることによって、キャビテイ前縁部には外向きの流れが、キャビテイ後端部分では外部から後端に向かう流れが生じ、この流れが隣接翼に対する入射角を小さくすることによって交互翼キャビテーションが発生することが明らかにされた。また、非定常解析によって旋回キャビテーションやキャビテーションサージのシミュレーションにも成功し、これらもキャビテイ後端に向かう流れと隣接翼前縁の干渉によって発生することが明らかにされた。これらは第３章で用いた実験的知見に対する理論的説明を与えるものである。

第５章では前章で得られた知見に基づき、ケーシングに設けた周方向グルーブによって翼端渦を捕捉し、隣接翼との干渉を防止することによって不安定現象を防止する方法を提案し、その有効性を実験的に検証している。この方法ではキャビテーションサージ、旋回キャビテーション、非対称キャビテーションなどの低周波数の不安定現象は完全に防止できたが、H-II８号機の打ち上げ失敗の原因究明で発見された高周波数の圧力変動が認められた。非定常解析によってこれらの高周波数成分が、入口逆流渦キャビテーションとインデューサの非定常干渉により発生することが明らかにされた。

以上のように本論文はキャビテーション不安定現象の発生機構を実際の３次元流れに対して初めて明らかにし、これに立脚して不安定現象を防止する設計法を確立したもので、ロケットエンジンの信頼性向上に大きく貢献した。これより、博士（工学）の学位論文として価値のあるものと認める。