

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、 https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed 大阪大学の博士論文について https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed 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

氏 名	カン 姜 ドン 東 ヒョク 赫
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 2 3 8 7 8 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ィによる
擾乱速度場を求めた。その結果、キャビティ後端付近にはキャビティ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
重要な課題である。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によって、キャビティ前縁部には外向きの流れが、キャビティ後端部分では外
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、これらもキャビティ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プ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、H118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。