

Title	インデューサに生じる交互翼キャビテーションとこれを用いた旋回キャビテーションの抑制に関する理論的・実験的研究
Author(s)	堀口, 祐憲
Citation	大阪大学, 1999, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.11501/3155489
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

氏名	堀 口 祐 憲
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 14738 号
学位授与年月日	平成11年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 基礎工学研究科システム人間系専攻
学位論文名	インデューサに生じる交互翼キャビテーションとこれを用いた旋回キャビテーションの抑制に関する理論的・実験的研究
論文審査委員	(主査) 教授 辻本 良信 (副査) 教授 吉川 孝雄 教授 木本日出夫 教授 杉本 信正

論文内容の要旨

本研究はキャビテーション発生時のターボ機械、特にロケット用ターボポンプインデューサに生じる交互翼キャビテーションの発生機構や諸性質の解明および不安定現象の一つである旋回キャビテーションの抑制法の提示を目的としたものである。

交互翼キャビテーションとは翼列で発生するキャビティの長さが翼1枚毎に交互に異なるキャビテーションを意味する。交互翼キャビテーションは従来から実験的に知られていたがその発生機構は未解明であり、将来のターボ機械の高性能化に向けてこれらの把握が必要とされている。そこで本研究では理論的な立場から交互翼キャビテーションの発生機構や諸性質を明らかにした。本研究の解析は特異点法を用いた線形解析であり、それにより交互翼キャビテーションの解析を行った。通常の解析では各翼のキャビティ長が等しいと仮定するが、本研究ではこの仮定を用いず各翼のキャビティ長が交互に異なることを許している。解析の結果、交互翼キャビテーションに対応する解が存在することが明らかになった。また交互翼キャビテーションは等長キャビテーションのキャビティの長さが翼列ピッチのおよそ65%に達すると生じることが判明した。さらに交互翼キャビテーションは等長キャビテーションのキャビティ後縁近傍の流れが隣の翼の前縁と干渉することにより発生することが明らかになった。

一方、旋回キャビテーションとは特定の条件下で各翼に発生するキャビティが不同となり、このキャビティのパターンが周方向に伝播する現象である。旋回キャビテーションが発生すると回転数に同期しない軸振動が発生し疲労が問題となる。軸振動防止の観点から旋回キャビテーションの発生を抑制することが重要な課題となっている。そこで本研究では交互翼キャビテーションの発生により旋回キャビテーションの発生域が縮小するとされている点に着目し、翼に積極的に不等性を付加することにより交互翼キャビテーションの発生域を拡大し旋回キャビテーションの発生を抑制する試みを理論・実験の双方から行った。翼1枚おきに翼前縁を切除することにより不等性を与えた。解析および実験結果から、翼を不等化することにより旋回キャビテーションが抑制されることが判明した。また切除量を増加させるほどその抑制効果が大いことが明らかになった。実験結果において翼切除量が多い場合には、旋回キャビテーションの他にキャビテーションサージ等の不安定キャビテーションも抑制されることが明らかになった。以上の検討を通して翼前縁の切除は不安定キャビテーションの抑制に対して効果的であるという知見が得られた。

論文審査の結果の要旨

インデューサは小型、軽量のロケットエンジン用ターボポンプを構成する上で必須の構成要素であるが、高速運転下では種々の不安定キャビテーションが発生し、その発生原因や性質を調べておくことはエンジンの信頼性を確保する上で最重要項目となっている。

本論文は従来その存在が実験的に知られておりながらその発生機構や性質が明らかでなかった交互翼キャビテーションを理論的に解明し、更にこれを積極的に利用することによって軸振動に対してより大きな影響を及ぼす他の不安定現象すなわち旋回キャビテーションを防止する方法を検討している。

第2章では定常解析により交互翼キャビテーションが理論的に解析可能であることを示し、その発生原因がキャビティ後縁の局所流れと隣接翼前縁との干渉によること、またこの様な干渉や交互翼キャビテーションが、キャビティ長が前縁からスロートまでの距離の65%となるとあらわれることを示した。

第3章ではこれらの定常解の安定解析を行い、従来得られている等長キャビテーション解がキャビティの長い領域では静的に不安定であること、また、ソリディティの大きい翼列ではこのような領域で静的に安定な交互翼キャビテーションに対する定常解が得られることを示した。また、旋回キャビテーションやキャビテーションサージなど、他の動的な不安定現象も交互翼キャビテーションが発生するような領域で現れることを示し、これらも交互翼キャビテーションの発生機構と密接に関係していることを示した。

第4章、第5章では偶数翼数のインデューサの前縁を交互に切除し不等化することにより交互翼キャビテーションの発生を促進し、旋回キャビテーションの発生を抑制することを試みた。前縁切除により定常キャビテーションの発生形態が複雑に変化するが、これらはすべてキャビティ後縁の流れと前縁の干渉で説明できること、また安定解析により旋回キャビテーションの発生領域をわずかにではあるが縮小できることが示された。

以上の解析では想定される不安定モードに応じて翼間位相差を仮定していたがこれ以外のモードの不安定が存在する可能性がある。また交互翼キャビテーションは偶数翼枚数の羽根車にのみ生じることが経験的に知られているがこのことは以上の解析では明らかでない。第6章ではこれらのことを明らかにするために、各翼のキャビティを独立して扱い定常キャビティ及び安定解析を行った。その結果偶数枚数の場合にのみ交互翼キャビテーション発生すること、これまでに想定したもの以外の不安定キャビテーションは存在しないことが明らかとなった。

最後に第7章では前縁を交互に切除したインデューサを用いて実験を行い、理論的に予測された複雑な定常キャビテーションが実際に発生すること、前縁の交互切除により旋回キャビテーションの発生が実際に抑制できることを明らかにしている。

以上のように本論文は交互翼キャビテーションの発生機構を明らかにしこれを用いた旋回キャビテーションの抑制に成功したばかりでなく、不安定キャビテーション全般に関して有用な知見を与えるものであり博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。