

Title	2次元超音速翼列に生じる流体力学的不安定現象に関する研究
Author(s)	岩本, 幸治
Citation	大阪大学, 2001, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.11501/3184215
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

氏名	岩本幸治
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 16351 号
学位授与年月日	平成13年3月23日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 基礎工学研究科システム人間系専攻
学位論文名	2次元超音速翼列に生じる流体力学的不安定現象に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 辻本 良信 (副査) 教授 吉川 孝雄 教授 杉本 信正

論文内容の要旨

ガスタービンに用いられる遷音速圧縮機(動翼ハブ側で亜音速、ティップ側で動翼から見て超音速で流れが流入する圧縮機)の設計回転数ではサージやチョークによって運転流量範囲が極端に狭くなる。安全性向上のためには運転範囲拡大が不可欠である。特に失速線(高圧力比側の運転限界)近傍での流れ場を理解することは、設計回転数では失速線付近で高効率になるため特に重要である。失速線近傍において動翼ティップ側の超音速翼列部分では、超音速流れに特有な衝撃波が関連した流体力学的不安定現象が発生する可能性がある。本論文では2次元超音速翼列に発生する流体力学的不安定現象の可能性を検討した。方法にはアクチュエータディスク(以下ADと略記)法による安定解析と差分法による数値計算の2方法を用いた。前者では正弦波状に振動すると仮定した微小じょう乱の時間的増幅率を調べることにより、超音速翼列流れに生じ得る不安定現象の種類と発生条件を特定することができる。後者ではより実際に近い流れを考慮することができ、不安定発生時の詳細な流れ場を知ることができる。AD法による安定解析では、超音速翼列流れには亜音速翼列流れで通常見られる旋回失速の他、衝撃波が関連した流体力学的不安定現象が生じ得ることが判明した。いずれの不安定現象も性能曲線の右上がり領域で発生し、前者の変動は常に周速よりも遅く伝ばし、後者の変動は高流量域では周速よりも速く伝ばする。差分法による数値計算では、AD法で得られた2種類の不安定現象がより実際に近い流れにおいても存在することが示された。旋回失速は亜音速流入の周速においてのみ見られた。衝撃波が関連した流体力学的不安定現象は流れが翼列から見て超音速流入する場合に見られ、翼間に発生する衝撃波と翼列下流で周速方向に移動する高圧領域が干渉する。さらに非粘性流れにおいてもこの現象は見られ、発生機構には粘性が本質的には寄与しないことが判明した。

論文審査の結果の要旨

近年のガスタービン用コンプレッサでは小型軽量化のために遷・超音速翼列が多用される。超音速翼列では高流量側をチョークで、低流量側をこの論文で問題とする旋回失速、サージなどの不安定現象の発生により制限され、運転可能範囲はきわめて狭い。とくに効率の最大点が多くの場合低流量側の不安定現象の発生点に近くなることから不安定現象の機構を解明し、これを防止することは急務となっている。不安定現象自体は低速のコンプレッサでも発生し

うることからこれまでの研究は低速のコンプレッサを対象に行われてきた。このような場合には流量の低下に伴って生じるいわゆる失速による損失の増加が不安定現象の発生原因であったが、衝撃波を伴う超音速翼列では衝撃波によって生じる損失が原因となる新しい現象が存在する可能性がある。本研究ではアクチュエータディスク法を用いた安定解析と数値解析により、超音速翼列に発生しうる不安定現象について調べている。

第1章では従来の研究を概観し本研究の焦点を定めている。第2章ではアクチュエータディスク法を用いた安定解析により、従来亜音速コンプレッサに対して知られている旋回失速の他に、衝撃波による損失と関連した新しい不安定現象が存在し、これによる擾乱は旋回失速とことなり羽根車よりも速い速度で回転することが示された。アクチュエータディスク法では翼近傍の流れをモデル化しているので、第3章以下では流れの数値解析により翼周りの流れを含め全体の流れ場を詳細に解析している。不安定現象が発生するような限界では数値的不安定により計算が発散することがあり得る。そこで、数値的不安定が最も発生しにくいTVDスキームを用い、計算メッシュや時間ステップを検討することにより数値的不安定を極力防止している。第3章では計算方法の説明を行い、第4章でコードの検証を行っている。これらに基づき、第5章では粘性解析の結果を述べている。これによると圧力の最大点付近で、4種類の不安定現象が見られた。すなわち、旋回失速の他に、衝撃波の振動を伴い羽根車よりも速い速度で回転する現象、遅い速度で回転する現象、回転速度が時間的に変化する現象が見られ、各場合について流れ場が詳細に検討された。第6章では不安定現象に及ぼす粘性の効果を明確にするために非粘性解析がなされた。その結果、粘性解析では見られなかった衝撃波の離脱を伴い羽根車よりも遅く回る現象のほかに、粘性解析やアクチュエータディスク解析で見られた羽根車よりも早く回る現象が見られた。このことより、超音速翼列では粘性の関係した通常の旋回失速の他に、粘性の存在と関係なく衝撃波による損失と関連した羽根車よりも早く回る現象の存在が確認された。

以上のように本研究によって、超音速翼列に特有の不安定現象の存在が発見され、その性質が詳細に調べられた。これは超音速コンプレッサの安全性確保に大きく貢献し、博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。