

ウェーブロータの作動における給気温度の影響

学生証番号 47166086 氏名 山野 翔太
(指導教員 岡本 光司 准教授)

Key Words : Wave Rotor, Shock Wave, Micro Propulsion, Unsteady Flow

近年小型航空機や小型分散電源などの動力源として、マイクロガスタービン是有力な候補の一つとなっているが、小型化による粘性の影響や熱損失の増加等の要因により熱効率が低く未だに広く普及していない。この問題を解決する方法の一つとして、マイクロガスタービンにウェーブロータを搭載し効率を改善する方法が考えられている。ウェーブロータとは、チューブ状流路（セル）を円筒状にならべたロータセルと、流体を給排気するためのポートからなっており、ロータ軸（シャフト）によりロータセルが回転することにより高压ガスと低压空気がセル内に交互に給気され、内部で発生する衝撃波などの圧力波を利用することにより低压空気の圧縮及び高压ガスの膨張を行う流体機械である。

先行研究においては、各ポートを擁するエンドウォールと回転部分であるロータ間のクリアランス部からの漏れ流れを抑制するためにロータセル本体と実験装置の再設計が行われ、常温での実験を行った結果セル高さ大きくしたことでクリアランスのセットアップ精度の改善の二つの効果により以前までに用いられていた実験装置に比べて漏れ流れを抑制できたことが確認された。そこで、本研究ではガスタービンへの搭載を目指すために、今までの高压給気(Gas-HP)ポートと低压給気(Air-LP)ポートに入口圧力比のみを設定した議論だけでなく入口温度比も設定したより実際の運転状況に近い実験を行っていき、今までの常温での実験とどのような違いが見られ、またそれは何故起きるのか、加えてガスタービンに搭載して運用可能な作動点があるかを調査することを目的とし研究を行った。作動点とは、ガスタービンに搭載できるような条件を満たしつつロータセル内の圧力波の伝播が適切に行われる点のことを指す。

本研究で用いる実験装置では、Gas-HPポートにスクリーコンプレッサからの圧縮空気をヒーターに通すことにより高压燃焼ガスの供給を模擬し、また低压給気Air-LPポートに低温窒素を供給することによってより広範囲な温度比の設定を可能にしている。

まず圧力波の伝播における適正回転数を調査するため、入口圧力比を2、入口温度比を2.2としロータセルの回転数を変えていったところ回転数が345[Hz]のときにこの実験条件下における適正回転数であると考えられる回転数を発見し、このときの実験結果と一次元数値解析モデルによる解析結果を比較していった。そして、全圧コンターマップとウェーブダイアグラムを比較した結果、目標としていた圧力波の伝播についておおそ理想的に伝播していることがわかった。

次に入口温度比を2.2に設定した場合と常温での場合とでどのような違いが出るかを調べるために両者の各ポート質量流量を比較したところ、Gas-HPポートとAir-LPポートに大きな違いが見られ、Gas-HPポートの質量流量は入口温度比を2.2に設定した場合の方が少なくAir-LPポートの質量流量は入口温度比を2.2に設定した場合の方が大きくなるという結果になった。この結果について一次元数値解析モデルにより考察を行っていくと、Gas-HPポートの場合は速度場は両者とも変わらないが入口温度比を2.2に設定したことにより密度が下がりGas-HPポートの質量流量は減ったと考えられた。またAir-LPポートについては、入口温度比を2.2に設定した場合の方が膨張波の波頭が速く到達し、セル端で強く反射することでセル内の圧力さらに低下し、質量流量が増えたということが確認された。

そして、NASAにおける4 Port Through Flow-Typeのウェーブダイアグラム及び本研究室におけるウェーブロータ製作時の設計点におけるウェーブダイアグラムと比較を行った結果、常温での実験に比べて入口温度比を2.2に設定した実験では、Gas-HPポート及びAir-LPポートの質量流量が変化した結果、実際の運転状況に近づいたことが確認できた。

また、適正回転数の調査においてAir-HPポートの質量流量が一次元解析結果に比べて少ない問題については、Air-HPポートのクリアランス部分以外から漏れ流れが発生していることが示唆された。