

卒業論文要旨

小型ジェットエンジンを用いた推力および騒音測定の基礎実験

システム工学群
航空エンジン超音速流研究室 1200167 山中 雄行

1. 緒言

以前より航空機の騒音には規制が敷かれており、その基準値は年々厳しくなっている。そして今後はさらなる低騒音化の要求が予想されるため航空機の騒音を低減させることは重要な課題の一つである。航空機が発生させる騒音は、機体騒音とエンジン騒音に大きく分類される。主要なエンジン騒音としては、ファン騒音などのターボ機械騒音と、ジェットから発生するジェット騒音が挙げられる。⁽¹⁾本研究では主に離陸時に問題となるジェット騒音に着目した。そのために、本研究室では今年度より小型ジェットエンジンを用いた実験を開始し、ジェット騒音低減に向けたノズルの新形状開発を視野に入れ、騒音及び推力の実験環境構築、測定実験を行ってきた。

ジェット騒音を低減する手段の一つとして、吹き出し口のパターンを変更する手法がある。その最も有名な形状としてシェブロンノズルがある。シェブロンノズルは擾乱を発生させることにより、外気との速度のせん断を減少させる。ベースノズル(Base Nozzle)とシェブロンノズル(Chevron Nozzle)を用いて測定して得られた結果を報告する。

2. 試験機と実験方法

2.1 試験機

試験機にはJetCat社製の模型飛行機用小型ジェットエンジン P160-SX を使用した。図1に試験機の仕様を、表1にその性能を示す。燃料はジェットエンジン用の JET-A1 とタービンオイルの混合油を使用した。尚タービンオイルの混合率は JET-A1 の容積の 5% である。

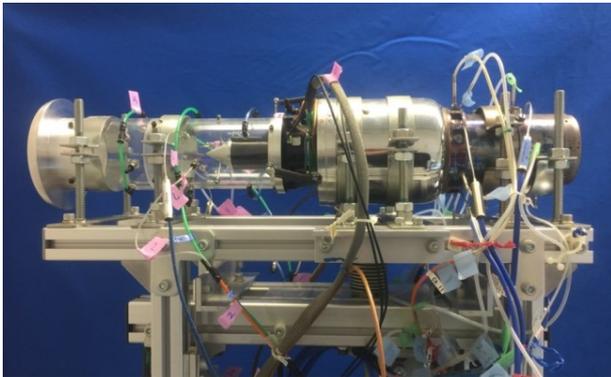


Fig.1 Testing equipment (JetCat P160-SX)

試験機は図1の左が吸気側、右が排気側となっており、インテーク側にはベルマウスを装着した。また、テイルパイプに種々のノズルを取り付けて実験を行う。図1に見られるチューブは燃料供給用と、インテークかつイグゾーストの壁面総圧及び壁面静圧を測定するためのものである。

Table 1 Engine specification

Mass	1.59kg
Size	$\phi 112 \times 320\text{mm}$
Maximum thrust	160N
Maximum rotational speed	125,000rpm
Maximum exhaust temperature	750°C

次に実験に使用したノズルを図2に示す。シェブロンノズルのパラメータは表2、図3に示す通りである。

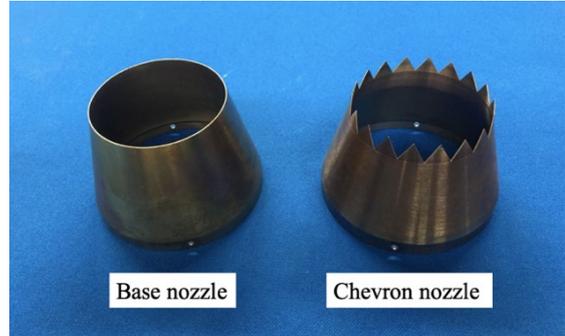


Fig.2 Base Nozzle and Chevron Nozzle

Table 2 Chevron Nozzle

Chevron tip radius	24.7mm
Chevron base radius	25.7mm
Chevron length	7mm
Chevron count	18
Chevron penetration	1mm

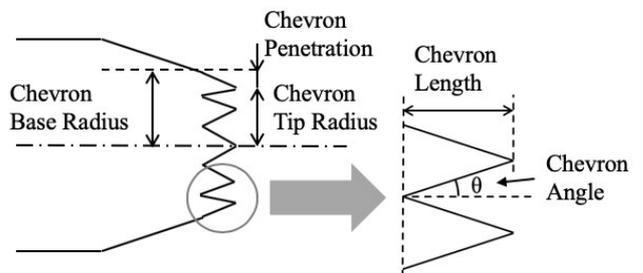


Fig.3 Parameters of shape of Chevron

2.2 実験方法

本研究では、運転試験は屋外で行った。エンジンの修正回転数が 50, 60, 70, 80, 90% を示す点でそれぞれのノズルを取り付けて運転を行い、その時の推力と騒音の平均値を得た。推力測定のサンプリング周波数は 2Hz とした。推力の測定には KYOWA 製ビーム型ロードセル LUB-30KB、騒音の測定には株式会社アコー製のプリアンプ一体型マイクロホン TYPE 4156N を用いた。このマイクロホンの測定可能周波数範囲は 20Hz~80kHz であり、人間の可聴域を超える高周波の音も捉えることが可能となっている。試験機は模型飛行機用のジェットエンジンであるため、実機のエンジンと比較して小型であることから、実際のジェットエンジンよりも周波数の高い音が出る可能性を考慮して、このマイクロホンを使用した。尚、騒音計測のサンプリング周波数は 192kHz とした。図4に騒音測定時の様子を示す。

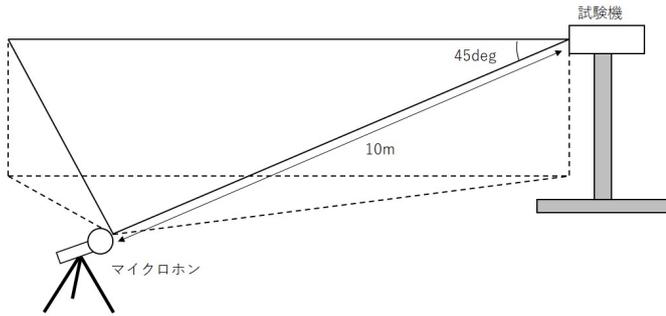


Fig.4 Noise measurement test

3. 実験結果と考察

図5にベースノズルとシェブロンノズルの推力と修正回転数の測定結果を示す。修正回転数が50%から90%までの回転数においてもシェブロンノズルの方が推力が小さくなることを確認した。推力測定用のビーム型ロードセルの誤差範囲は測定値の0.03%であることから、各種ノズルにおける測定値の差はある程度の大きさであることを確認した。実験時の気温は286.15Kであった。図6に別の実験日における推力と修正回転数の測定結果を示す。実験時の気温は294.15Kであり、修正回転数80%時の推力は、ベースノズルで78.2N、シェブロンノズルで77.2Nである。気温が286.15Kの実験日において修正回転数80%時の推力はベースノズルで80.6N、シェブロンノズルで78.9Nであった。どちらのノズルにおいても実験時の気温が低い方が高い推力を得た。

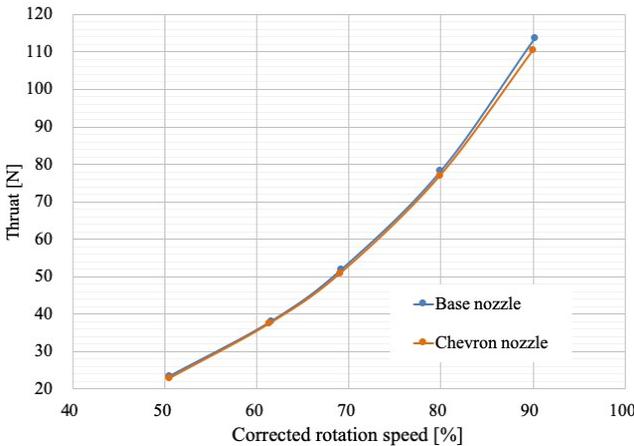


Fig.5 Effect by chevron nozzle
T=294.15K

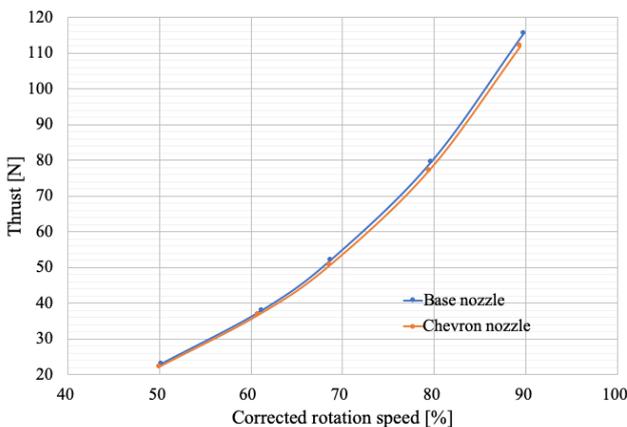


Fig.6 Effect by chevron nozzle
T=286.15K

次に286.15Kで推力測定と同時に測定した騒音の結果を図7に示す。シェブロンノズルの音圧の方が低い点が多いが、修正回転数70%付近ではベースノズルの音圧の方が低くなる結果を得た。これは野外での測定であるため、測定時の外乱が影響している可能性が高いと考えられる。修正回転数90%においてはシェブロンノズルが2dB低くなることが確認できた。

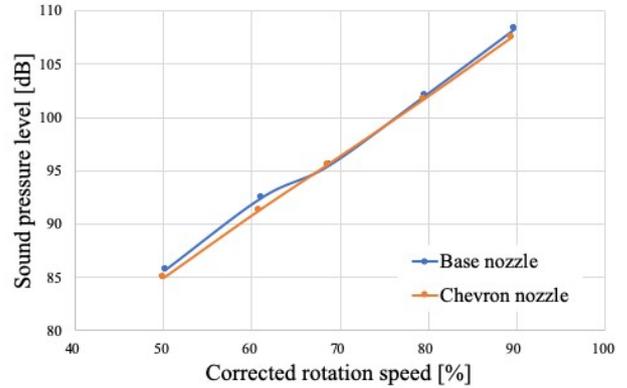


Fig.7 Comparison sound pressure

次に修正回転数80%で測定した騒音の周波数分布を図8に示す。周波数が約40,000Hzのあたりで最も顕著なピークが見られる。この実験時の測定回転数はどちらのノズルも約101,000rpmであり、タービンブレード枚数(B)は24枚であった。ここで毎秒回転数をNとして、NとBの積を求めると、ピークが立っている周波数と一致した。他の修正回転数においても同様の結果が得られた。したがって、周波数分布におけるピークはジェット騒音ではなく、タービンから発せられるターボ機械騒音が原因の離散周波数であると考えられる。

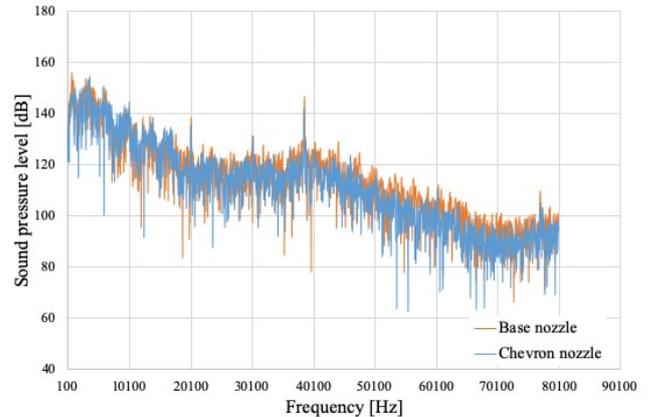


Fig.8 Frequency distribution

4. 結言

シェブロンノズルとベースノズルを比較すると、どの修正回転数においてもシェブロンノズルの方が推力が低下する結果を得た。騒音の測定については修正回転数が50, 60, 80, 90%付近ではシェブロンノズルによる騒音低減の効果を確認できた。今後は、回転数が時々乱れる場合があるため、その原因究明及び寸法の異なるシェブロンノズルを作成し測定を行うことを検討している。

文献

- (1) 日本ガスタービン学会 ガスタービン工学 2017