

極超音速ターボジェットエンジンの開発研究

航空エンジン技術開発センター

田口秀之、二村尚夫、岡井敬一、小林弘明

小島孝之、本郷素行、吹場活佳、正木大作

空気力学研究グループ 藤田和央

宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究本部 澤井秀次郎

1. はじめに

極超音速機（図1）は、コンコルド等の超音速機よりもさらに速く、マッハ5程度で飛べる航空機である。JAXAは長期ビジョン^[1]において、2025年に極超音速機を実現することを目標として掲げている。この極超音速機は従来の航空機と同じように、空港から離着陸することを想定している。この極超音速機の実現に向けて、極超音速ターボジェットの研究開発を進めている。



図1 極超音速機の想像図

2. 極超音速ターボジェットの特徴

マッハ5程度の極超音速で飛行すると、空気の全温が1000℃程度まで上昇するため、通常のジェットエンジンでは、圧縮機が熱で破損するとともに、圧縮動力が過大となって、エンジンサイクルが成立しなくなる。そこで、

極低温燃料である液体水素の冷熱を用いてエンジン入口の空気を冷却する「予冷ターボジェット」^[2]について研究開発を進めている。

予冷ターボジェットの特徴は、離陸からマッハ5まで、連続して大きな推力を発生できることである。また、燃料として液体水素を使用するため、二酸化炭素を排出しない、地球環境に優しいエンジンでもある。現在は、離陸からマッハ5まで加速飛行するための推進技術を実証することを目的として、飛行実証用の小型予冷ターボジェット（図2）の設計製作を行っている。

小型予冷ターボジェットは、インテーク、予冷器、コアエンジン（圧縮機、燃焼器、タービン）、再熱燃焼ノズルで構成される。全長は約2.6mである。表1にエンジン諸元を示す。

インテークの壁面には可変機構が装着されている。この可変機構で離陸からマッハ5までの流入空気に対して適切な壁面角度を維持することで、空気の運動量の損失を抑えながらマッハ1以下まで減速することができる。

予冷器には、約650本の細いステンレス管が挿入されている。このステンレス管の内側に液体水素を供給し、外側に空気を流すことで熱交換をし、極超音速飛行時の高温空気を冷却することができる。空気の圧力損失を設

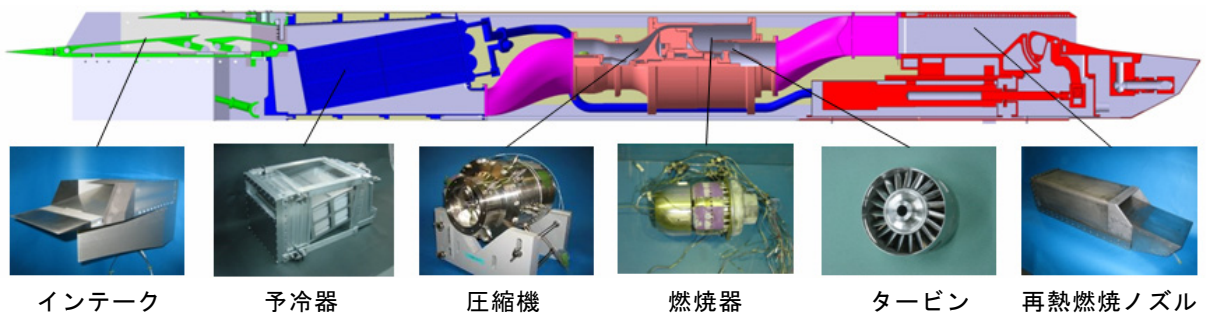


図2 小型予冷ターボジェット

計要求値以下に抑えるため、予冷器を通過する空気の流路面積を大きく設定している。

コアエンジンとしては1軸のターボジェットを新規開発した。設計回転数は80,000rpm、1段斜流圧縮機の圧力比は6、燃料はガス水素で、1段軸流タービンで駆動する。タービン出口には液体水素を気化するための蒸発器が備えられている。

再熱燃焼ノズルには、再熱燃焼用の燃料噴射器とエンジンの作動状態に応じてスロート面積が変化する可変ノズルが備えられている。再熱燃焼部には、予冷器を通過して気化した水素が供給され、約1800℃の燃焼ガスが生成される。

表1 エンジン諸元

作動範囲	マッハ 0~5
推力	1.3kN (マッハ0)
比推力	約 3000 秒 (マッハ0)
燃料	液体水素
燃料圧力/温度	3.0MPa / -253℃
圧縮機空気流量	1 kg/s
圧縮機回転数	80000 rpm
圧縮機圧力比	6.0
タービン入口温度	950℃
ラム燃焼温度	1800℃

3. 地上燃焼実験

JAXA 能代多目的実験場(秋田県)において、小型予冷ターボジェットの地上燃焼実験を実施している。2006年度には、圧縮機とタービンの空気系統を独立させた試験用エンジンを用いて、圧縮機とタービンの要素性能を取得した(図3)。2007年度には、インテークから再熱燃焼ノズルまでの全ての構成部品を組み合わせ、液体水素を用いて地上燃焼実験を行う予定である。

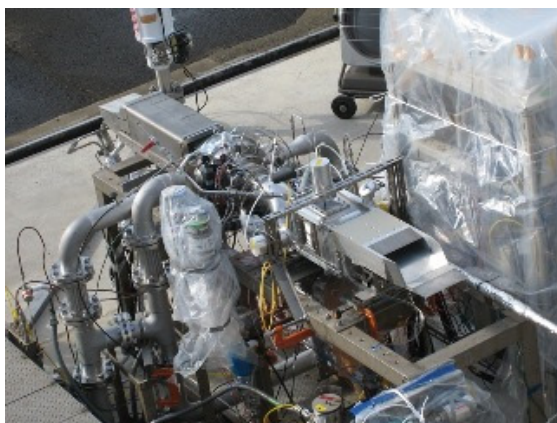


図3 小型予冷ターボジェット地上燃焼実験

4. 飛行実証計画

宇宙科学研究本部が研究開発を行っている気球利用型実験機^[3](図4)に小型予冷ターボジェットを搭載して、超音速飛行時の性能データを取得する計画も進めている。この実験機は、大気球で高度40kmくらいまで上昇させたあとに自由落下でマッハ2程度まで加速することができる。大樹町多目的航空公園(北海道)において2008年度に飛行実験を行うことを目指している。

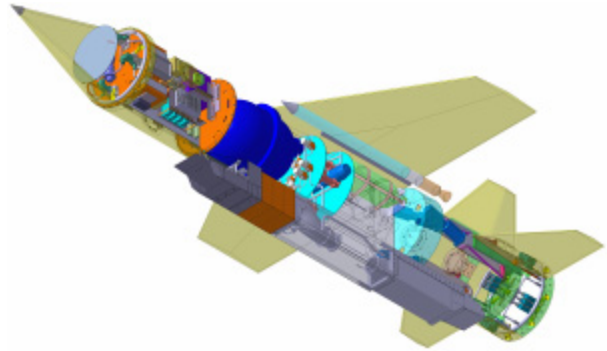


図4 気球利用型実験機

5. 極超音速機の実用化構想

小型予冷ターボジェットが完成すれば、無人の小型極超音速機を実用化できると考えている。小型極超音速機は、例えば地震発生直後に日本近海を飛行して、津波の発生を警告する等の利用方法があると考えている。

極超音速機は、斜め上方向に飛ばせば、宇宙空間に到達できる程度のスピードを持っている。いずれは、普通の人が宇宙旅行に行けたり、映画を1本見る程度の時間でアメリカやヨーロッパに行けるような極超音速機を実現したいと考えている。

参考文献

- [1]JAXA 長期ビジョン -JAXA2025-
- [2]Taguchi, H., et. al., "Analytical Study of Pre-Cooled turbojet Engine for TSTO Spaceplane," AIAA 2001-1838, 2001.
- [3]Fujita, K., et. al., "Precooled Turbojet Engine Flight Experiment using Balloon-based Operation Vehicle," IAC-05-C4.5.01, 2005.