

次世代ジェットエンジン技術の研究開発



所属 推進技術研究ユニット、En-Coreプリプロジェクトチーム

発表者名 西澤敏雄、石井達哉、榎本俊治、正木大作、牧田光正、田口秀之、他
山根敬、山本武、北條正弘、賀澤順一、他

次世代ジェットエンジンの環境適合性を向上させる要素技術を開発・実証することで、国内ジェットエンジン産業の国際競争力の向上と成長・発展に貢献する。

高効率軽量ファン・タービン技術実証 (aFJRプロジェクト)

高効率軽量ファン・タービン技術実証 (aFJR: Advanced Fan Jet Research, FY2014~FY2017) では、国内のエンジンメーカーが実績豊富な「ファン」および「低圧タービン」について環境適合性を向上する技術を開発・実証し、次世代エンジンの国際共同開発において設計分担を担える技術レベルを目指した研究開発を行いました。

航空機のエンジンは、地球温暖化、石油資源の枯渇や、国際民間航空機関(ICA0)による環境基準の強化などにより、燃費が良く、CO₂(二酸化炭素)やNOx(窒素酸化物)等の排気成分が少ない性能が求められています。今後20年間で航空輸送量が約2倍に増加すると予測される中、次世代エンジン技術の開発により環境負荷軽減に貢献することは非常に重要であり、乗客やエアラインなどユーザーからの要望が強い燃費低減技術の獲得によって、我が国の航空エンジン産業の国際競争力強化に貢献できます。

現在の旅客機に搭載されているターボファンエンジンは、CO₂排出削減やエンジン騒音低減のため、高バイパス比化が一層進むことが予想されますが、高バイパス比に伴ってファンとそれを回転させる低圧タービンの大型化を伴うので、重量増によって燃費改善効果を低下させないよう軽量化技術を導入し、ファンなどの要素効率を高めることが必要となります。

aFJRプロジェクトでは、ファン及び低圧タービンの要素モジュールにおいて、(1)ファン空力効率1ポイント以上の向上と、(2)ファン+低圧タービンの10%軽量化を可能とし、耐久性や信頼性で従来と同等となる高効率軽量ファン技術と軽量低圧タービン技術を開発し、実証試験によりその有効性を確認しました。

aFJRプロジェクトの後継事業であるaFJR実用化促進事業(FY2018~)では、国内メーカーが進める実用化検討や開発事業に対する技術的な支援を行い、次期エンジン国際共同開発参画を可能とすることを目的として、aFJRプロジェクトの成果のうち、軽量吸音ライナ技術について、F7エンジンをういたシステム実証により、技術成熟度をTRL6(システムレベル)に向上させます。

軽量ファンブレード技術

ファンブレードに炭素繊維強化プラスチック(CFRP)を適用し、内部を中空にすることで軽量化する技術を開発しました。CFRP中空ファンブレードの設計・試作、衝撃試験による耐衝撃性評価、衝撃解析技術の開発を行いました。



中空CFRPブレード供試体



耐衝撃性実証試験(高速衝撃試験機)



衝撃解析モデル

軽量メタルディスク技術

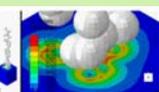
回転するファンを支えるメタルディスクで重要な疲労寿命予測精度向上やディスク軽量化を目指して、加工シミュレーション技術を開発しました。



メタルディスク供試体



耐久性実証試験(回転強度試験機)



加工シミュレーションモデル

高効率ファンブレード技術

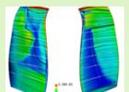
高バイパス比に伴い従来と比べて大きなファンがゆっくり回るようになることを利用し、ファンブレード面の境界層流れの層流域を広げて摩擦抵抗が少ない形状を設計し、ファン空力効率の向上をはかる技術開発を進めました。設計にはCFDシミュレーションを活用し、高効率ファンブレードを搭載した空力試験を行って要素性能を実証しました。



空力試験供試体



空力性能実証試験(回転要素試験設備)



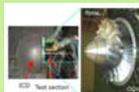
層流・乱流遷移予測CFDシミュレーション

軽量吸音ライナ技術

ファンカバーの内側に取り付けられる吸音ライナに成形可能な樹脂材を適用し軽量化と低コスト化する技術を開発しました。新しい素材の設計・試作と、強度・耐環境性・音響性能試験を行いました。



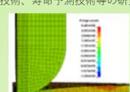
樹脂製吸音ライナ供試体



音響試験(IHI無音試験室)

軽量タービンブレード技術

ファンの回転駆動力を発生する低圧タービンの重量増を抑制するため、耐熱複合材(セラミックス基複合材、CMC)を適用した超軽量低圧タービンに関する、過回転防止設計技術、フラッタ防止設計技術、寿命予測技術等の研究開発を行いました。



CMCブレード衝撃破壊モデル



CMC翼モデル回転衝撃破壊試験



タービン翼列全周衝撃破壊解析



タービンフラッタ試験供試体



タービン翼フラッタ実証試験



タービン翼フラッタ試験



衝撃破壊実証試験



強度信頼性評価試験



CMCタービンブレード



次世代ジェットエンジンの設計・解析技術開発 (DANTE)

次世代ジェットエンジンの開発に必要な設計・解析技術の向上、および要素データベースの構築を行っています。ICA0のCO₂排出規制強化に対応した次世代ジェットエンジンの国際共同開発に備え、設計・解析技術を向上させ、国内メーカーと共有します。最新開発エンジンに対して燃費2%向上を実現するための次世代ジェットエンジンの概念を提示することを目指しています。また、国際共同開発における、日本の優位技術を創出するため、高性能圧縮機技術、低騒音化技術、複合材耐久性評価技術を開発します。

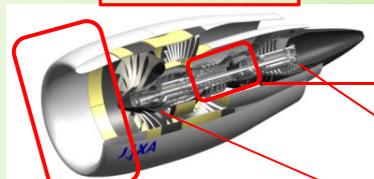
エンジン高性能化技術： 高性能エンジン候補の燃料消費率と推力重量比を推算し、開発目標となる次世代エンジンシステムを提案します。

高性能圧縮機技術： 超高バイパス比エンジンに適用する小型コアエンジンの高圧多段圧縮機について、高精度性能予測技術を開発し、要求空力性能と安定作動域の確保を両立させることを目指します。

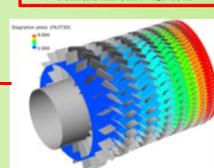
低騒音化技術： 超高バイパス比エンジンのナセル縮小に伴う騒音を抑制するためのディストーション抑制インテーク設計と高効率吸音デバイスを開発します。

複合材耐久性評価技術： CFRPマルチスケール解析技術、CMC破壊シミュレーション技術の高度化を行い、複合材回転部品的设计に必要な寿命予測技術の開発、疲労寿命データベース構築を行います。

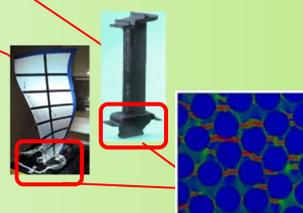
エンジン高性能化技術



高性能圧縮機技術



低騒音化技術



複合材耐久性評価技術

En-Core プリプロジェクト (コアエンジン技術実証)

ターボファンエンジンの心臓部とも言えるコアエンジンは、ファンが推力を生み出すための動力源です。圧縮機、燃焼器、高圧タービンで構成されるコアエンジンのうち、特に燃焼器と高圧タービンはエンジンの中でも最も高温・高圧で、海外メーカーが強みを持つ部分です。国内メーカーの航空機エンジン産業におけるさらなる飛躍のためには、この部分の分担の獲得が期待されます。そこで、NOx(窒素酸化物)やCO₂(二酸化炭素)の排出量を減らす技術で競争力を強化するため、新たなプロジェクトを準備しています。略称のEn-Core (アン・コア) は、Environment (環境) を重視したコア(Core)エンジンを意図しています。

En-Coreは、「超低NOxリーンバーン燃焼器」と「高温高効率タービン」の技術開発が主な課題です。

超低NOxリーンバーン燃焼器： これまでのJAXAとメーカーによる低NOx燃焼器の研究成果をもとに、研究室レベルの性能にとどまらずエンジンに搭載できるように実用レベルを高めたうえで、世界で最もNOxの排出が少ない燃焼器性能の実証を目指します。

高温高効率タービン： 損失の少ないタービンによるエンジン効率の向上を目的に、タービン翼の空力設計技術、高温下での耐熱材料技術・冷却技術など、JAXAとメーカーの研究開発成果を結集して、海外メーカーと勝負できるタービン効率の実証を目指します。

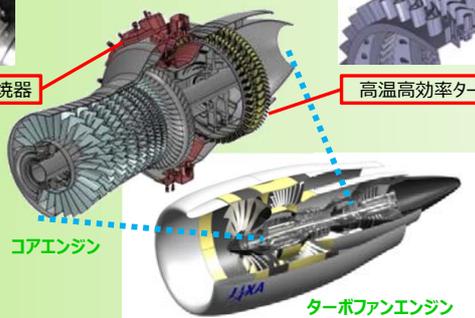
いずれの課題でも、従来の耐熱金属よりも高温で使用できる耐熱複合材(セラミックス基複合材、CMC)を活用する予定です。En-Coreは本年度のプリプロジェクトフェーズを経て、本格実施に向けて準備を進めています。



超低NOxリーンバーン燃焼器



高温高効率タービン



コアエンジン

ターボファンエンジン