室蘭工業大学
学術資源アーカイブ
Muroran Institute of Technology Academic Resources Archive

GG-ATRエンジンのシステム作動特性について

メタデータ	言語: jpn 出版者: 室蘭工業大学航空宇宙機システム研究センター 公開日: 2016-12-28 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 湊, 亮二郎, 東野, 和幸 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10258/00009126

GG-ATR エンジンのシステム作動特性について

○湊　亮二郎（航空宇宙システム工学ユニット　助教）
東野　和幸（航空宇宙機システム研究センター　教授）

１．はじめに

室蘭工業大学航空宇宙機システム研究センターでは，小型無人超音速機の研究開発が進められており，その推進エンジンとして，ガスジェネレータサイクル・エアターボラムジェット（Gas Generator Cycle Air Turbo Ramjet, GG-ATR）エンジンが考えられている．GG-ATR エンジンは通常のターボジェットエンジンとは異なり，ガスジェネレータ（GG）で燃料（エタノール）と酸化剤（液体酸素）を燃焼させ，発生した高温，高圧の燃焼ガスを用いて，タービンを駆動させる仕組みになっている．タービン駆動後の GG 燃焼ガスは，ラム燃焼器において，圧縮機で圧縮された空気と混合して燃焼し，推力を発生する．GG-ATR エンジンの設計，製作は 2013 年度までに完了しており，現在は GN2 ガスによる回転冷走試験と，GG 燃焼ガスによるエンジン熱走試験の準備を進めているところである．

GG-ATR エンジンの作動は，ターボジェットエンジンの作動と大きく異なるため，地上試験の前段階で，解析によるエンジンの起動特性を把握する必要がある．

２．GG-ATR エンジン性能解析コードの改良

GG-ATR エンジン性能解析コードの改良を，順次進めている．2014 年度は化学平衡計算サブルーチンにおいて，従来の化学平衡定数をベースにした計算方法から，Gibbs 自由エネルギー最小化法による化学平衡計算に改良した．これは NASA-CEA（Chemical Equilibrium Application）コードと同じ方法である．

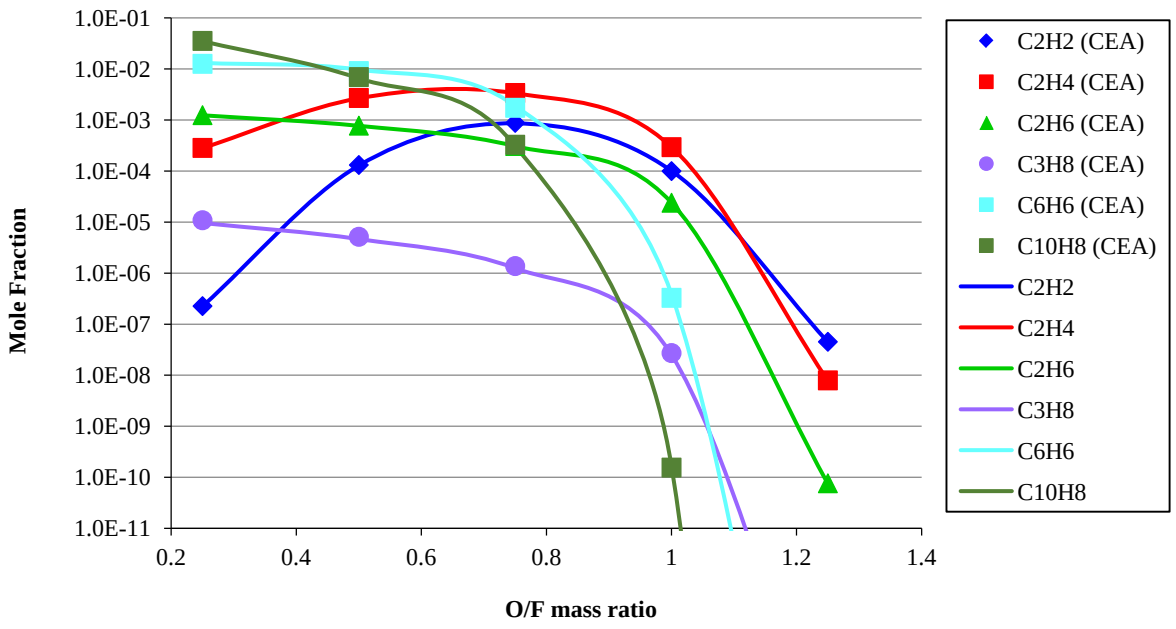

図１　GG-ATR エンジン性能解析コードと NASA-CEA コードとの比較

図１に本解析コードと NASA-CEA コードによる RP-1 と LOX（液体酸素）燃焼における，主要な化学種のモル分率分布を示した．これによると，両者はほぼ一致しており，本研究で開発された GG-ATR エンジン性能解析コードの，化学平衡計算サブルーチンの精度が確認された．

この改良によって，考慮する化学種の数を大幅に増やしつつ，且つ計算時間の短縮が可能になり，GG-ATR エンジンの様々な条件について，性能解析をすることが可能になった．

３．圧縮機，タービンの作動特性について

GG-ATR エンジンの作動特性把握には，そのターボ系要素（圧縮機，タービン）の作動特性を把握することが必要である．GG-ATR エンジンのターボ系要素は，斜流圧縮機と，衝動型二段軸流タービンで構成されており，Fine TURBO による CFD 解析を実施して作動特性の解析を行った．

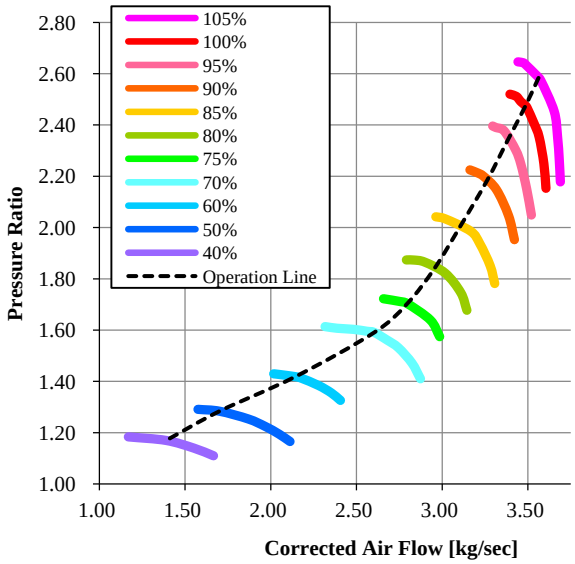

図２　GG-ATR エンジン斜流圧縮機作動マップ

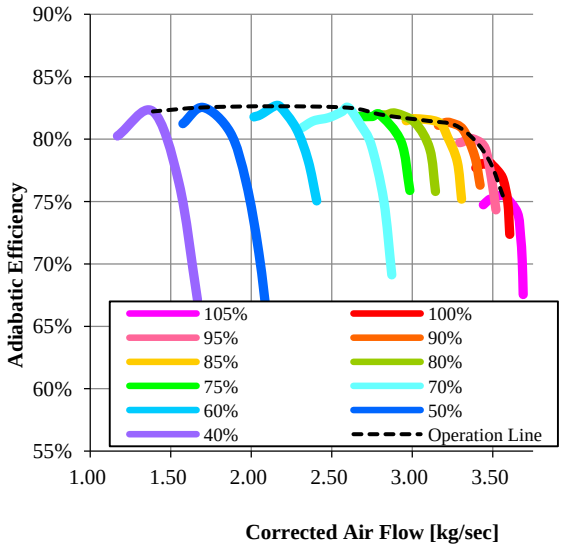

図３　GG-ATR エンジン斜流圧縮機の断熱効率

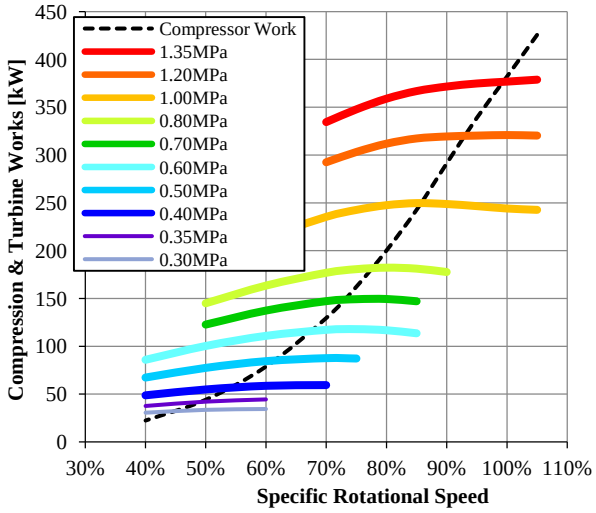

図４　GG 燃焼ガス駆動時のタービン仕事

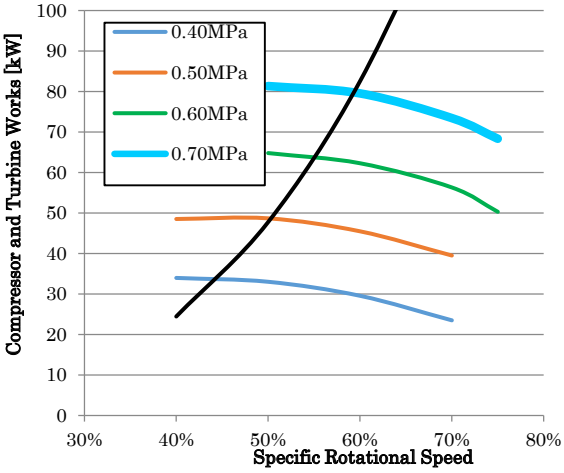

図５　GN2 駆動時のタービン仕事

図２と３に，それぞれ GG-ATR エンジンに搭載される，斜流圧縮機の修正流量 - 圧力比特性マップと，断熱圧縮効率を示した．図４には，タービン仕事 - 実回転数の相関を，タービン入口圧

力を変化させて示してみた．この場合，タービン出口静圧は，相当する実回転数時での圧縮機出口静圧と等しいと仮定した．なお，タービン入口温度は 1100 K としている．

図２と図４の比較から，圧縮機とタービンのパワーバランスが求まり，任意のエンジン実回転数におけるタービン入口圧力が求まる. 一方で, GG が保炎できる GG 燃焼圧力の下限が存在する．エンジン始動時における，GG 燃焼圧力は 0.7 MPaA と予想されることから，図４の結果から，エンジン始動時における予想回転数は，定格回転数比で 75 %とされている．

図５はタービン駆動ガスを GN2（窒素ガス），タービン入口温度を 288.15 K とした場合の，タービン仕事とエンジン実回転数の関係を示した図である．エンジン試験では，最初に GN2 でタービンを駆動させる冷走試験を行い，回転系要素の振動特性を把握してから，GG 燃焼ガスによるエンジン熱走試験を行う予定である．即ち，図５は，冷走試験時のタービン作動特性を示したものであり，冷走試験におけるエンジン実回転数と，タービン入口圧力の関係を予測することが出来る．

今回，解析を行った斜流圧縮機と軸流２段タービンの性能，断熱効率は，CFD でのみしか，評価できていない．しかし図５のデータはエンジン冷走試験で検証することが可能であり，実験と解析の比較から，斜流圧縮機とタービンの両者の性能，断熱効率の CFD 予測値を，同時に検証することが可能になる．

４．まとめ

エンジンの作動特性を解析的手法により検証した．今後の方針としては，エンジン斜流圧縮機の挙動を，より実際のモデルに近づけるように解析コードの修正と，エンジン冷走試験時のエンジン挙動データを取得し，ターボ系要素の CFD 解析予測値の評価につなげていく．

更には，GG-ATR エンジン熱走時での始動シーケンスの確立を目指し，安定的なエンジンオペレーションを実現する．

参考文献

[1] Gordon, S. and McBride, B. J., “Computer Program for Calculation of Complex Chemical Equilibrium Compositions, Rocket Performance, Incident and Reflected Shock and Chapman–Jouguet Detonations”, NASA SP-273. (1971).