

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 14521 号
------	---------------

氏 名 石原 一輝

論 文 題 目

ガス及び液体推進剤を有する回転デトネーションエンジンの推力特性に関する実験研究
(Experimental Study on Thrust Evaluation of Gas and Liquid Propellant Rotating Detonation Engine)

論文審査担当者

主査	名古屋大学	未来材料・システム研究所	教授	笠原 次郎
委員	名古屋大学	工学研究科	教授	佐宗 章弘
委員	名古屋大学	工学研究科	准教授	義家 亮
委員	名古屋大学	工学研究科	准教授	松岡 健

論文審査の結果の要旨

石原一輝君提出の博士論文「ガス及び液体推進剤を有する回転デトネーションエンジンの推力特性に関する実験研究」では、回転デトネーションエンジンと既存ロケットエンジンとの比較を行い、推力性能と燃焼器長さについて議論し、また、知見が乏しい液体燃料及び二液式回転デトネーションエンジンの動作性や燃焼特性、推力性能について議論を行っている。各章の概要は以下の通りである。

[1] 第1章では、序論として、デトネーションやデトネーションエンジンに関する知見の整理、及び課題に関して述べられている。

[2] 第2章では、ガス推進剤での回転デトネーションロケットエンジンの短距離燃焼性評価を行っている。ガスエチレン-ガス酸素を推進剤とする単円筒回転デトネーションロケットエンジンでは、「回転デトネーション燃焼モード」、「燃焼遷移モード」、「軸方向燃焼振動モード」、「定圧燃焼モード」の4つの燃焼モードが観測された。「回転デトネーション燃焼モード」、「燃焼遷移モード（回転デトネーション燃焼区間）」、「定圧燃焼モード」のノズル排気流は燃焼器内部の影響はなく、共に似た安定した流れ場を形成しており、ノズルスロート以降への影響は軽微であると考えられる。推力性能は、「定圧燃焼モード」と「回転デトネーション燃焼モード」には遜色ないことから、デトネーション燃焼により燃焼器長さを従来のロケットエンジンより極端に短くしつつ、従来ロケットと同様の推力性能が発生することを明示した。ロケットの特性長の一つである L^* で評価した場合、95%削減することが可能となり、デトネーション燃焼は、従来ロケットエンジンの重量を削減できる手法になり得ることを示した。

[3] 第3章では、アルコール燃料を有する回転デトネーションエンジンの推力性能評価と内部構造評価を行っている。主要液体燃料での常温でのデトネーション燃焼はこれまで成立されていないが、ホールインジェクタの衝突角 90 deg のダブルットインジェクタにて $30\text{ }\mu\text{m}$ 以下の微粒化液滴を生成することで常温液体燃料と常温ガス酸化剤でも回転デトネーション動作することを実証した。また、そのデトネーション燃焼性は理論値に対して80%であり、既存研究よりも高い結果であった。液体燃料単円筒回転デトネーションエンジンをプリデトネータで始動する場合は軸方向と接線方向の2方向のDDTプロセスを得て、定常の回転デトネーション動作に移行することを明示し、定常伝播するデトネーション波構造はインジェクタ面から離脱する火炎リフト構造がみられるなどガス推進剤では見られなかった構造が存在することが判明した。また、可視化結果とデトネーションセルサイズの関係と比較すると、アニュラー型で謳われてエンジン動作クライテリアに類似する傾向が観られ、液体燃料単円筒回転デトネーションエンジンにおいてもデトネーションセルサイズに起因する動作クライテリアが存在する可能性を示した。

[4] 第4章では、二液式回転デトネーションロケットエンジンの推力性能評価を行っている。貯蔵性が良好で非爆発性なエタノール-液化亜酸化窒素を推進剤とする二液式単円筒回転デトネーションロケットエンジンにて、衝突角 90 deg のダブルットホールインジェクタにて常温の両液推進剤で回転デトネーション動作することを実証した。また、そのデトネーション燃焼性は理論値に対して80%前後であり、 c^* 効率は既存ロケット燃焼と比較して同程度であり、ロケット燃焼器特性長 L^* を88%程度削減できることを示した。二液式のデトネーション燃焼成立にはエンジン温度の影響もさることながら、インジェクタ音響特性や、燃焼器の音響特性の把握が重要であることを示唆した。また、実験動作範囲から第3章と同様にデトネーションセルサイズの関係と比較すると、液体燃料単円筒型と同様にアニュラー型で謳われてエンジン動作クライテリアに類似する傾向が観られ、二液式単円筒回転デトネーションエンジンにおいてもデトネーションセルサイズに起因する動作クライテリアが存在する可能性を示した。

[5] 第5章では、本研究の結論を与えている。

以上のように本論文では、回転デトネーションエンジン（RDE）の推力性能について解析・議論し、また、知見が乏しい液体推進剤に関する当該エンジンの特性について解析・議論を行っている。これらの性能・特性の評価方法並びに明らかとなった特性に関する知見は、RDEの航空宇宙推進機への応用を実現するために重要であり、工学の発展に寄与するところが大きいと判断できる。よって、本論文の提出者である石原一輝君は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格があると判断した。