

審査の結果の要旨

氏名 松本 純

博士（工学）松本純提出の論文は、「自己加圧供給系を用いる液体ロケットエンジンシステム成立性とその応用に関する研究」と題し、本文7章及び付録から成っている。通常液体ロケットエンジンシステムには、ガス加圧供給方式/ターボポンプ供給方式の推進剤供給システムが組み込まれている。本研究では、システムの簡略化及びシステム重量の削減をターゲットとする、液化ガスを加圧源とした推進剤供給システムについて、考察・試験及び解析を行っている。

第1章は序論であり、本研究の目的・意義及び本研究で提案する自己加圧供給系のシステム概要について述べている。本研究で提案する自己加圧供給系は、液化ガスを用いた液体ロケットエンジン推進剤加圧システムである。本システムでは、まず供給システム内部で加圧源を液体の状態に保持しておく。この液体を、再生冷却で温度が上がった推進剤と熱交換させることでガス化させ、推進剤タンクを加圧する。また、このガス化した加圧源の一部を使って液体加圧源を臨界圧以上まで加圧することで、熱交換器内部での沸騰を避け、熱交換率の低下を防いでいる。

第2章では、第1章で述べた自己加圧供給系のシステムを実現するハードウェアについて述べている。本システムで使用するハードウェアは、推進剤と熱交換を行うための熱交換器と、加圧源を超臨界遷移させるためのCharger(ピストン内蔵昇圧器)である。本章では、これらについてまずコンセプトと物理量の定義を行い、その後液体ロケットエンジンを含めたシステムの構成法について議論を行っている。本論文ではChargerの使用法としてOne-Way方式とTwo-Way方式の2コンフィギュレーションを提案している。One-Way方式は推進剤加圧に必要な液体加圧源を全てChargerに充填する方式である。また、Two-Way方式は液体加圧源を別タンクに保持しておき、Charger内のピストンを往復運動させることにより液体加圧源を汲み出す方式である。本章では、この2コンフィギュレーションについて駆動方法を述べた後、両者のトレードオフ解析を行っている。

第3章では、自己加圧供給系の数学モデルの定式化を行っている。ここでのモデル化は、特定の推進剤/加圧源を念頭に置かず、一般化した記述がされている。本章ではOne-Way / Two-Way Charger方式それぞれについて、システム全体のモデル化を行うことに重点が置かれている。自己加圧供給系は液体・気体・超臨界状態の3相を用いるシステムであり、厳密なモデル化を行うことが難しいため、本論文では、シンプルな気体の状態方程式を基本とするモデル化が行われ、未知パラメータは試験を行うことで決定するという立場をとっている。

第4章は、自己加圧供給系の成立性確認及び第3章で行っている定式化の正当性を確認するために行った、3つの試験及び解析結果について述べられている。本章で記述された試験は、液体ロケットエンジンをN20/Ethanol ロケットエンジン、加圧源をCO2としたもの

である。1つ目の試験はOne-Way Charger システムの単体駆動試験であり、所定の性能を発揮している。2つ目の試験はTwo-Way Charger システムの単体駆動試験であり、所定の性能を発揮している。3つ目の試験は、N20/Ethanol ロケットエンジンとTwo-Way Charger システムの連動駆動試験であり、推進剤と加圧源の間での熱交換が正しく行われていること及び実際のロケットエンジンとの連動で自己加圧供給系が正しく駆動することが確認されている。また、各試験データを用いて数学モデルとのフィッティングを行い、第3章で導出した数学モデルにより自己加圧供給系が正しく記述できることを示している。

第5章では、第2-4章で得られた結果を踏まえ、自己加圧供給系のシステム設計手順及びシステム設計上の留意点についてまとめている。

第6章では、旧来の推進剤加圧系に対して、自己加圧供給系が重量の観点で有利になることを、実フライトを想定したシステム解析を行うことで示している。本章で扱っているフライトシステムは、300N 級 N20/Ethanol 液体ロケットエンジンを搭載する、水平離着陸可能な小型ロケット飛行機実証機である。本章ではまず機体の飛行解析を行うことで、本飛行機が飛行可能であることを示している。その後、旧来のガス加圧供給系・One-Way 方式自己加圧供給系・Two-Way 方式自己加圧供給系についてシステム解析を行い、Two-Way 方式自己加圧供給系が重量的に最も有利であることを示している。

第7章は本論文の結論であり、第2-6章の成果をまとめている。

以上のように、本論文の主要な成果は、(1) 自己加圧供給系の数学モデルを構築したこと (2) 自己加圧供給系のシステム成立性を実験的に示したこと (3) 自己加圧供給系の設計手順を確立したこと (4) 自己加圧供給系が、旧来の供給系に比べて重量的に有利であることを示したこと の4点である。本論文で提案した自己加圧供給系は駆動原理がシンプルであり、かつシステム重量を削減できるという点で、宇宙工学上貢献するところが大きい。

よって、本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。