

宇宙用小型推進機の性能評価装置の試作について

矢野 康之¹,

宮崎大学工学部教育研究支援技術センター¹,

1. はじめに

近年、宇宙開発のためこれまでに比類のない宇宙機が製作され、大学などにより打ち上げに至っている。宮崎大学工学部機械設計システム工学科准教授各務研究室では、宇宙用小型推進機の性能評価等の研究が行われている。そのため、宇宙空間に近い真空下の再現、宇宙用小型推進機の推力を正確に計測することが必要不可欠である。

現在、宇宙空間に近い真空下で試験を行うため、小型真空チェンバーと推力を測定するための測定装置が使用されている。しかし、工作機械の製作限界からサイズが制限されていた。今回の試作では、作業性を向上するため小型真空チャンバーのサイズの変更とそれに伴う宇宙用小型推進機の性能評価のための装置を試作し、性能評価を行ったのでここに報告する。

2. 宇宙用小型推進機の性能評価装置の試作

2.1 真空チェンバー試作

現在、各務研究室では、以前製作された真空チェンバー (SUS303 300×300×300) が使用されている (図 1)。しかし、内容積が小さいため、推進機の交換やセンサー取り付けなどの作業が困難であり、また、フランジ部には溶接が多用され、溶接部がリークの原因となった。そのため、作業性と気密性の2つの問題を解決するため、NCフライス盤 (山崎技研 YZ-8WRIII)、ワイヤカット放電加工機 (FANUC ROBOCUT α -iC)、TIG溶接機 (パナソニック YC-300BP2) を使用して、新たな真空チェンバーの試作を行った。

作業性の向上のために、外形を1辺400mmに変更し、NCフライス盤・ワイヤカット放電加工機を用いることにより、400×400の平板の切り出し、フランジ用の穴・ネジきりやOリングの溝加工を多数あけることが可能となった。図1のチェンバーが300mmなのは工作機の製作限界のためである。なお、今回は、外形を100mm大きくしたため厚さを8mmから12mmにまで厚くした。また、気密の低下は、先述の通りフランジ部に溶接を多用したためである。今回試作したチャンバー (図2)は、外形を大きくしたことから、板の厚みが12mmとなったため、Oリングやネジ切りを板材に施し、溶接箇所を減らした。



図1 真空チャンバー (SUS304 300×300×300)

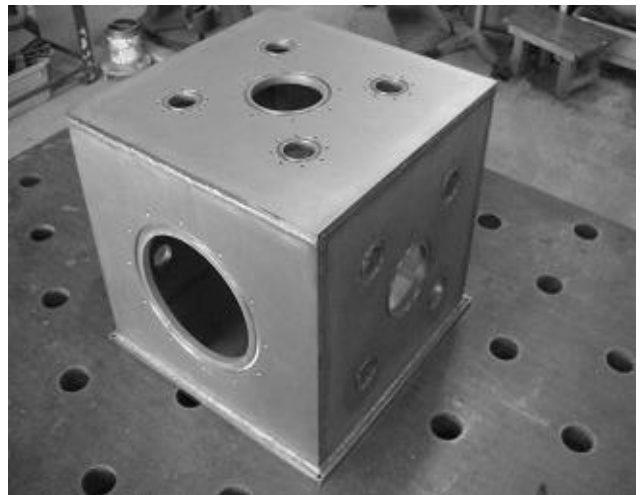


図2 真空チャンバー (SUS304 400×400×400)

2.2 推力測定装置の試作

宇宙用小型推進機は、自重よりも推力が小さいことが多いため、一般に振り子を用いた測定法が用いられている。これは振り子の変位が外力の大きさに比例することを利用して変位を測定することにより、推力を評価するものである。この推力測定装置は、図3のように弾性ヒンジを軸にした振り子に推進機、ダンパ（減衰装置）、変位センサが取り付けられており、バネ、マス、ダッシュポット系の力学で説明できるため、原理が明快であり高精度の推力測定が実現されてきた。今回も上記の原理を用いて、推力測定装置の試作を行った。（図4）

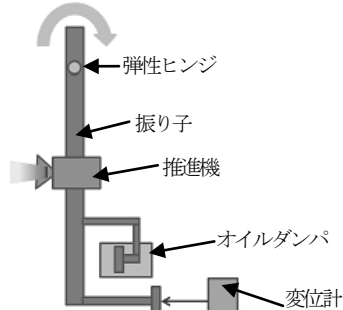


図3 推力測定装置の概略図

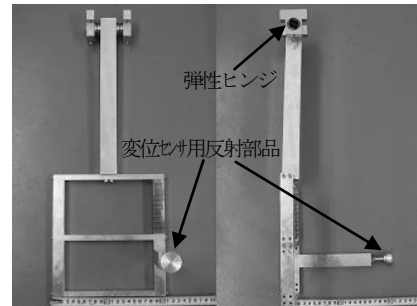


図4 試作した推力測定装置

3.装置評価方法及び評価

3.1 真空チャンバー

今回の試験では、真空ポンプ（ULVAC 製 GLD-201B）で真空チャンバー内圧を絶対圧 0MPa とし、バルブを閉じてから、真空ポンプを止め、ある一定時間の圧力変化を計測した。図5に試験結果を示す。時間が変化しても内圧が高くなかった。以上より、溶接欠陥がなく、Oリング部などでも気密が保たれていると考えられる。

3.2 推力測定装置

ソレノイドアクチュエータにロードセルを取り付け、これにより推力測定装置に力を与え校正を行った。ロードセルを推力測定装置に接触させながらソレノイドアクチュエータに電流を流し、電流を変化させることで力を変化させた。図6に校正試験結果を示す。測定点は、線形関係を有し、 R^2 値は0.9995であるため、十分な線形性を持つことが確認できた。

3. まとめ

試作を行った真空チャンバ・推力測定装置いずれも問題なく作動することが確認できた。今後は、固体・液体ロケット推進機の性能評価試験を実施する予定である。また、学生実験に取り入れることも考えており、学生が推進機を設計・製作し自ら評価を行うことにより、ものづくりの一連の流れを体験できるのではないかと考える。

謝辞

宇宙用小型推進機の性能評価装置を試作する機会を与えていただいた各務准教授と試作に協力いただいた黒石竜太氏に感謝の意を表します。

参考文献

冷水陵馬 レーザを用いた固体推進薬の燃焼制御 平成 18 年度 九州工業大学大学院工学研究科機械知能工学専攻 修士論文

別府 真司 DME を推進剤に用いたアークジェットスラスタの推進性能 平成 21 年度 九州工業大学大学院工学研究科機械知能工学専攻 修士論文

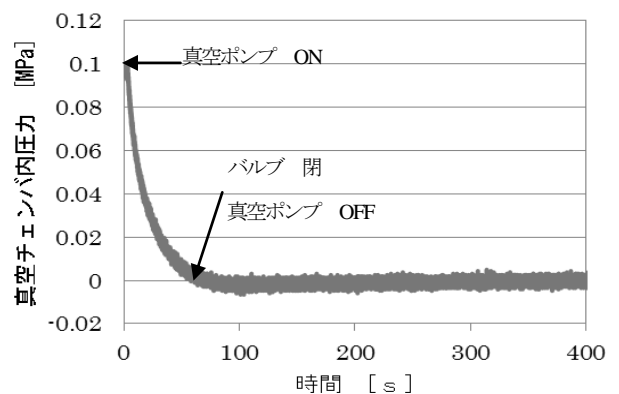


図5 真空チャンバーの減圧試験

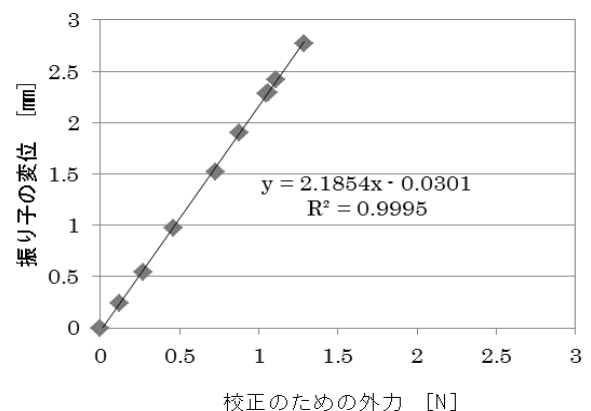


図6 推力測定装置校正試験