

氏名	GOSSAMSETTI Guna Surendra (インド)
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	工博甲第465号
学位授与の日付	平成31年3月25日
学位授与の条件	学位規則第4条第1項該当
学位論文題目	Design and Development of Fault Tolerant Flush Air Data Sensing(FADS)System (耐故障性を有するフラッシュエアデータシステムの研究開発)
論文審査委員	主査 教授 米本 浩一 教授 坪井 伸幸 教授 黒木 秀一 教授 本田 崇

学位論文内容の要旨

再使用型宇宙輸送機が大気圏を再突入する時など極超音速域で飛行する際、衝撃波による厳しい熱環境に曝される。先端曲率半径が小さい従来のピトー管を用いたADS (Air Data System) では、その影響を大きく受けるためエアデータの推定が困難となる。また予期せぬ故障に対する耐故障性にも乏しい。そこで先端曲率半径が大きい鈍頭形状の機体ノーズ表面に直接圧力孔を設けることによって、熱的影響を低減し、そこから得られる表面圧力分布からエアデータを推定するFADSがアメリカ航空宇宙局(NASA)のWhitmoreらによって考案されている。九州工業大学宇宙システム研究室では、有翼ロケット実験機WIRES (Winged REusable Sounding rocket)による再使用型宇宙輸送システムの研究を行っている。現在は、宇宙空間に到達する飛行実証機の前段階として、サブスケール実験機の開発を行っており、本研究ではWhitmoreらの手法を参考にし、その実験機に搭載するために、17孔の圧力孔を設けることによって圧力孔に対する冗長性を持たせたFADSの開発を進めてきた。

本研究の独自性は、6孔の圧力ポートを用いて空力姿勢を推定する際に、推定アルゴリズムで用いる三角関数の正接における特異点を、条件毎に分類することによってその推定精度を向上させたことにある。先行研究では、6孔の圧力ポートによって空力姿勢を推定していたものの、風洞試験より得られた圧力データから、アルゴリズムに適用して空力姿勢を推定した際、特性を評価せずに正接を計算に用いたため、一部の条件において推定精度が著しく低下してしまうことがわかった。この特異点回避のため、推定アルゴリズムで用いる正接を条件によって使い分けることにより、実際の空力姿勢に対して精度の高い推定を行えるようになった。

本アルゴリズム開発および実証のため、宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所(JAXA/ISAS)が所有する高速気流総合実験設備の遷音速風洞と超音速風洞を用いて、FADSの開発に必要な圧力分

布計測を行った。そこで得られた較正係数を元に、再度風洞試験を行い、空力姿勢の推定を行った。その結果、従来研究のアルゴリズムでは、6孔ある圧力ポートの中から3つの圧力ポートを選ぶ組み合わせを複数つくり、その組み合わせより推定した空力姿勢の平均値から実際の空力姿勢を推定することによって発生する誤差を小さくできることを確認したが、更に、本研究が提案した異点回避を行う新しいアルゴリズムを用いて空力姿勢を推定すると、亜音速域では0.2%、超音速域においても1.4%の推定誤差まで精度を向上させることを実証することができた。

次に本研究の新規性は、一様流の動圧および静圧からマッハ数の推定を行う繰り返し計算の過程において、故障を想定する圧力ポート数 k を除く全ての圧力ポート n の組み合わせ $nC_k = n! / [k!(n-k)!]$ を用いてマッハ数推定を行い、故障している圧力ポートを検出するという新しい故障検出アルゴリズムを開発した点にある。その結果、耐故障性を有するFADSの提案を行うことができた。その結果、2故障許容のFADSを構築するには、迎角を推定する縦方向の圧力ポートが最低5つ、横滑り角を推定するための横方向の圧力ポートも最低5つ必要であることを論理的に説明することができる。従って、迎角および横滑り角の推定において1つの圧力ポートを共用することを考えると、最低9つの圧力ポートで2故障許容を満足するFADSが実現可能という結論が得られた。

これらの研究成果より、高精度かつ耐故障性を有するFADSを、2020年に飛行を予定しているWIRES#013および2022年に飛行予定のWIRES#015への搭載検討を行った。機体ノーズ部に圧力孔を設け、選定したセンサを搭載することが可能であることを示し、JAXAおよび航空宇宙機メーカーを交えた基本設計審査で承認された。

学位論文審査の結果の要旨

審査委員並びに公聴会出席者から、本論文に関して、一様流マッハ数の繰り返し計算の収束条件、風洞実験の試験ケースとその必要性、実機搭載時の圧力孔の必要サイズ等、種々の質問がなされた。いずれについても申請者本人により適切な回答がなされた。

以上により、論文調査及び最終試験の結果に基づき、審査委員会において慎重に審査した結果、本論文は博士（工学）の学位に値するものであると判断した。