

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 12805 号
------	---------------

氏 名 田口 正人

論文題目

大気圏突入機体の空力減速装置に生じる空力干渉に関する研究
(Experimental Study on Aerodynamic Interaction around High-Speed Aerodynamic Decelerator)

論文審査担当者

主査	名古屋大学	准教授	森 浩一
委員	名古屋大学	教授	佐宗 章弘
委員	名古屋大学	教授	長田 孝二
委員	早稲田大学	准教授	松田 佑
委員	愛知工業大学	教授	北川 一敬

論文審査の結果の要旨

田口正人君提出の論文「大気圏突入機体の空力減速装置に生じる空力干渉に関する研究」は、惑星大気圏突入時の空力減速装置に生じる空力加熱を低減するための要素技術に着目し、実験的な評価手法の提案を通して、これに関する空力干渉の特性を明らかにしている。各章の概要は以下の通りである。

第1章では、先行研究を例示しつつ、将来の惑星大気圏突入システムにとって空力加熱の低減技術が重要な課題であることに言及している。その中でも特に、柔軟構造空力減速装置を用いた飛行経路の選択による空力加熱低減法に着目し、この技術が将来的に広く普及するためには、この装置に生じる流体構造連成現象の解明が必要であることを述べている。また、飛行経路の選択時に使用が想定される姿勢制御用サイドジェットの空力干渉にも焦点をあて、これにより生じる空力加熱低減の必要性についても述べている。これらの空力干渉について、先行研究を示しながら、実験的な評価手法及び現象予測の不足が問題である点を指摘しており、これに対する評価手法の提案と実証及び実験データの取得を本論文の目的として述べている。

第2章では、空力加熱分布の評価手法として感温塗料法について述べており、本研究で使用する二種類の感温塗料法、すなわち1色法と2色法、について説明している。1色法は、従来の感温塗料法であり、先行研究に言及しつつ、本研究で実験的に得た感温塗料の特性を明示している。一方で、2色法は変形する模型に適用可能な方法として知られているが、これまでに柔軟構造風洞模型への適用例がなかったため、本研究に適用可能な2色法感温塗料とその計測に必要な分岐光学系を開発した。本章では、塗料開発の方法及び2色法感温塗料の性能データが示されている。

第3章では、柔軟構造の振動を伴う流体構造連成現象の評価手法の提案を行っている。本評価手法を実証するための実験として、単純化した超音速パラシュートシステムの模型を用いた風洞実験を実施し、パラシュート傘の運動、衝撃波振動、傘に働く抗力の三つのパラメータに対して、本評価手法を適用した。その結果、抗力の振動は周波数に基づき二つのモードに分離可能であることがわかった。さらに、それぞれの周波数モードに寄与している衝撃波振動及び傘の運動の挙動が異なっていることが確認された。これによって、周波数ベースの現象分離によって、抗力振動に直接影響を及ぼす流体・構造それぞれの現象を実験により明らかにしている。流体振動と構造の振動が関連付けられたデータは、流体構造連成現象を評価する上で有用であり、本評価手法が柔軟構造体の風洞試験において有効であることが示されている。

第4章では、第2章で開発した2色感温塗料法を風洞試験に適用し、柔軟構造体表面の空力加熱分布の可視化を試みている。その結果、空気力による柔軟構造体の変形と空力加熱による温度上昇の分布を同時に可視化可能であることを示している。この結果から、流体構造連成現象において柔軟構造体の変形と流体による表面状態量を関連付けて考察するために分子イメージング手法が有用であるという知見が得られている。

第5章では、サイドジェット空力干渉により誘起される空力加熱の抑制を目的として、2つのサイドジェットの干渉を利用した空力加熱の抑制手法を実験的に検証している。基本的な噴射孔の配置として、Tandem configuration（主流方向に2つの並んだ配置）とParallel configuration（主流方向に対して垂直方向に2つ並んだ配置）を提案しており、感温塗料法で噴射孔近傍に誘起される壁面空力加熱率分布を計測している。その結果、Tandem configurationでは、最大加熱率と加熱を受ける範囲は1つのサイドジェットの分布とほとんど変わらないことが分かった。これは、空力加熱の追加なくしてサイドジェットを増やすことが可能な配置であることを表している。一方で、Parallel configurationでは、最大加熱率が約60%低減する一方で、加熱の範囲は広がった。以上から、噴射孔の配置によって、最大加熱率及び加熱を受ける範囲の制御が可能であることがわかった。この結果は姿勢制御用サイドジェットによる空力加熱の低減に有用な知見である。

第6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、高速気流中の柔軟構造体に生じる流体構造連成現象に対して、流体現象（衝撃波や表面状態量の変化）と構造の現象（運動と変形）を一体的に評価する手法を提案し、風洞試験でその有効性を確認した。また、空力加熱の増大が課題のサイドジェット空力干渉について、ジェット配置の制御によりこれを抑制できることがわかった。これらの知見は今後、空力加熱低減のための装置への応用に重要であり、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田口正人君は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格があると判断した。