

(様式7)

学位論文審査結果の要旨

氏名	BERNARD OTIENO OWITI
審査委員	委員長 _____ 酒井 武治 _____ 印 委員 _____ 川添 博光 _____ 印 委員 _____ 原 豊 _____ 印 委員 _____ 小田 哲也 _____ 印 委員 _____ _____ 印
論文題目	Study of Thermal Response in Highly Porous Heat Shield Materials Subjected to High Temperature Flows (高温気流下の高空隙熱防御材の熱応答に関する研究)
審査結果の要旨	<p>審査結果の要旨</p> <p>大気突入機の超軽量熱防御システムの開発は、惑星探査ミッションで必要となる観測機器などのペイロードを最大化する上で非常に重要である。しかし、地上で機体サイズのシステムを開発することができないため、数十 mm サイズの供試体風洞試験とその試験データを再現できる数値シミュレーション技術の開発が必要である。超軽量熱防御材に対してこのような技術が未だ確立されていない。</p> <p>本研究では、アブレーション熱防御に使われる高空隙(約 90%)炭素基材が、大気突入環境を模擬したアーク加熱風洞試験気流で加熱される過程を、流れと材料アブレーションを連成して数値的に再現し、その予測精度を検証した。特に、高温下におかれた高空隙材料の輻射伝熱モデリングの妥当性検証に焦点を当て、高精度計算法の確立を目指した。</p> <p>(1) 炭素基材をエックス線 CT 撮影して、内部形態の 3 次元モデルを構築し、そのモデルで光線追跡解析を行って統計的に光減衰係数を導出した。その減衰係数を用いて定式化した輻射伝熱計算法を適用することで、アーク加熱風洞気流で加熱された材料内部温度時間履歴を再現した。これにより、約 1mm³ の X 線 CT ベースのマイクロな形態情報が、風洞試験供試体サイズのマクロな伝熱現象解析へ適用可能なことが実証され、X 線 CT ベースの熱物性モデリングの有用性が示された。</p> <p>(2) 本手法では、試験気体を加熱する加熱器部、気流を加速させるノズル部、材料試験を行う試験部からなる風洞全体の流れ場をシミュレーションできる。その利点を生かし、加熱器部の作動特性データの不確かさに由来する試験気流の淀み点加熱率および淀み点圧力データの不確かさを明らかにした。そのうえで、材料試験に使われる風洞中心気流の熱化学的特性を正確にシミュレーションして材料内部熱応答解析を実施しており、当該分野の数値診断技術の最先端事例を示すことに成功した。</p> <p>本論文では、2 種類の炭素基材とその基材に樹脂を含浸させた熱防御材料(アブレータ)を炭化させた炭化材について、上記二点に集約される新たな成果を提示しており、さらに複雑となるアブレータの表面損耗および内部樹脂熱劣化を含む動的アブレーション過程をモデル化するための指針を明らかにしたものとして、超軽量熱防御システムの開発に寄与するものであり、大きな意義がある。</p> <p>よって本論文は、博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。</p>