



Title	二液式推進器に関する噴霧計測および数値解析技術の研究
Author(s)	松野, 伸介
Citation	
Issue Date	
Text Version	none
URL	http://hdl.handle.net/11094/45867
DOI	
rights	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/repo/ouka/all/>

氏名	まつのしんすけ 松野伸介
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 19484 号
学位授与年月日	平成 17 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科機械物理工学専攻
学位論文名	二液式推進器に関する噴霧計測および数値解析技術の研究
論文審査委員	(主査) 教授 香月 正司 (副査) 教授 片岡 勲 助教授 赤松 史光

論文内容の要旨

宇宙機の推進システムに用いられる二液式推進器の数値解析技術の確立を目的とし、噴霧燃焼に対する計測技術および数値解析技術に関する研究を行った。

本論文は全 6 章で構成されている。

第 1 章では研究の目的、従来の研究を踏まえた上で本研究の進め方を決定し、各章で得られた研究結果の概要をまとめている。従来の推進器に対する数値流体解析の適用例を見ると、解析条件として与えられるべき推葉の初期噴霧特性が不明である点が、常に課題として指摘されている。特に噴霧粒径はその後の推葉の蒸発、燃焼過程に強く影響すると予想されるが、自発着火という特性を持つ推葉の微粒化特性および初期噴霧粒径は計測の困難さから未知のままであり、数値解析に対しては、非反応性の模擬液を用いて計測した噴霧粒径を初期値として代用することが一般的であった。そこで本研究ではその計測法を確立するとともに、実際の推葉を用いた噴霧計測を実施し、得られた噴霧特性を数値解析に与えることで、より実用的な推進器の数値流体解析技術を確立することを最終目的とした。

第 2 章では衝突噴流式ノズルにより形成される水噴霧について非燃焼噴霧流の数値解析を行い、計測値を数値解析の入力値として与える場合の手法について検討した。位相ドップラ計測法を用いる場合、微粒化の活発なノズル出口近傍での粒径計測は不可能なため、ある程度下流の微粒化が完了する地点において計測を行うことになる。その計測値をノズル位置の噴霧特性として与える数値解析の妥当性を考察し、特に乱流拡散およびメッシュサイズが下流の粒径分布に与える影響を調べた。乱流拡散は噴霧流解析において考慮すべき要素であるが、乱流モデルを用いる場合、乱流拡散の強度はメッシュサイズに依存するため、メッシュサイズの設定に注意を払う必要がある。

第 3 章では水ともう一種類の液体 (HFE) を衝突させる異種液体衝突噴流の微粒化および噴霧特性を調べた。異種衝突の場合、同じ液体噴流を衝突させる同種衝突に比べて微粒化が速く進行することが、背景光を用いた高速度撮影により明らかになった。また液体の種類を区別して粒径計測を行う手法を考案し、水と HFE それぞれの噴霧粒径を同時計測したところ、微粒化が完了した最終的な噴霧特性は同種衝突と変わらないという結果が得られた。

第 4 章ではヒドラジンと NTO の燃焼噴霧を高速度撮影によって観察し、Mie 散乱法によって実際の推葉の噴霧粒径を算出した。第 3 章で観察した模擬液の非燃焼噴霧に比べ、推葉の噴霧は自発着火により微粒化過程に大きな影響を受け、平均粒径は模擬液の半分程度に小さいことがわかった。

第 5 章では推進器の解析モデルを作成し、第 4 章で計測した推葉の粒径および第 3 章で計測した模擬液の粒径を初

期噴霧特性として与えた上で、推進器の予測性能に及ぼす影響を考察した。推薬の初期粒径を大きく与えると蒸発速度が減少し、燃焼効率が低下して推進器の性能低下に繋がることがわかった。実際の推薬の計測値を与えた数値解析では、実測した推進器性能に近い性能予測値が得られた。

第6章ではこれらの研究で得られた成果および知見をまとめている。

論文審査の結果の要旨

宇宙推進システムに用いられる二液式推進器の数値解析技術の確立を目的とし、燃焼噴霧の計測技術および数値解析技術に関する研究を行った。推進器に関する従来の数値流体解析では、初期条件として与えるべき推薬の噴霧特性が不明で、特に推薬の自発着火という特性のために噴霧粒径の計測が行われた例はない。本研究ではその計測法を確立するとともに、実際の推薬を用いた噴霧計測を実施し、得られた噴霧特性により実用的な解析技術を確立することを目的としている。

本論文は以下のように、全6章で構成されている。

第1章は緒論で自発着火性推薬の蒸発、燃焼過程に対する数値流体解析に関する知見についてまとめ、本研究の目的と位置付けを明確にしている。

第2章では衝突噴流式ノズルにより形成される水噴霧について数値解析を行い、計測値を数値解析の入力値として与える場合の手法、乱流拡散およびメッシュサイズが下流の粒径分布に与える影響について調べた。噴霧の乱流拡散強度はメッシュサイズに依存するため、メッシュサイズの設定に注意を払う必要があることを指摘している。

第3章では異種液体衝突噴流について調べ、同種液体噴流に比べて微粒化が速く進行することが明らかにしている。また液体の種類を区別して粒径計測を行う手法を考案して異種液体噴流を同時計測し、微粒化が完了した最終的な噴霧特性は同種衝突と変わらないことを明らかにしている。

第4章ではヒドラジンと NTO の燃焼噴霧を高速度撮影し、Mie 散乱法によって推薬の噴霧粒径を算出し推薬の噴霧は自発着火により微粒化過程に大きな影響を受け、平均粒径が模擬液の場合の半分程度に小さくなることを明らかにしている。

第5章では推進器の解析モデルを作成し、第4章で計測した推薬の粒径および第3章で計測した模擬液の粒径を初期噴霧特性として与え、推進器の予測性能を実施している。推薬の初期粒径を大きく与えると蒸発速度が減少し、燃焼効率が低下して推進器の性能低下につながることを示している。実際の推薬の計測値を与えた数値解析では、実測した推進器性能に近い性能予測値を得ている。

第6章では得られた知見を総括している。

以上のように、本研究はこれまで例のない自発着火性推薬の燃焼噴霧を計測する手法を初めて確立し、得られた噴霧特性から数値流体解析に必要な噴霧粒径を導いている。その結果、推進器の設計に当たってこれまでより精度の高い性能予測を可能にしている。よって本論文は工学の進歩に寄与するものであり、博士論文として価値あるものと認める。