

Title	油滴群燃焼挙動と実用噴霧燃焼数值解析モデルに関する研究
Author(s)	中村, 摩理子
Citation	
Issue Date	
Text Version	none
URL	<a href="http://hdl.handle.net/11094/45833">http://hdl.handle.net/11094/45833</a>
DOI	
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

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

氏名	中村 摩理子
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 19480 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	油滴群燃焼挙動と実用噴霧燃焼数値解析モデルに関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 香月 正司 (副査) 教授 辻 裕 助教授 赤松 史光

### 論文内容の要旨

層流対向流場に形成された噴霧火炎を対象とした Eulerian-Lagrangian 手法を用いた 2 次元 DNS を用いて、噴霧の不均一性や噴霧特性による火炎構造の変化、油滴群燃焼挙動について調べた。また実験では測定することが困難な、火炎構造の変化や油滴群燃焼による周囲流への影響を数値的に調べた。さらに、実用的な場を対象とした数値解析法として期待されている 2 相燃焼場の LES (Large Eddy Simulation) の問題点を、層流対向流場の噴霧燃焼 DNS を用いて検証した。具体的には、噴霧燃焼の数値解析で重要な気相-油滴間の相互干渉とパーセルモデルの影響に注目し、噴霧燃焼の特徴である油滴群燃焼の再現性などについて検討を行った。以下に、本論文で得られた結果を章別に示す。

第 1 章は緒論であり、過去の噴霧燃焼に関する研究や 2 相燃焼場を対象とした数値解析について概説し、本研究の目的と位置付けを明確にした。

第 2 章では、実験で観察された対向流噴霧火炎の再現が可能であると同時に、工業的にも利用可能な非定常 2 次元数値解析コードを開発し、噴霧の燃焼挙動を数値的に把握することを目的とした。数値解析には Eulerian-Lagrangian 手法を採用し、層流火炎で顕著に現れる物性値の影響の精度を高めるために、物性値と輸送係数の温度依存性を考慮に入れた。本解析法によって、噴霧の不均一性によって油滴が群として燃焼する過程を数値的に観察することが可能になり、さらに、単滴から数密度の高い噴霧まで広範囲な油滴数密度の条件において、油滴の燃焼挙動を解析することができるようになった。

第 3 章では、油滴にかかる抗力や蒸発について検討を行った。はじめに、抗力に関する吹出しの影響を調べるために、一様流れ中の吹出しを持つ球周りの流れの 3 次元数値シミュレーションを行った。次に、吹出しの影響を考慮した抗力係数の算出式を提案し、Bailey の補正式との比較を行った。結果として、Bailey の式を使用すると油滴表面からの吹出しによる抗力低下の影響が過大評価され、抗力係数の変化が遅れて急激に起こる危険性があることを示した。さらに燃焼場において、非平衡 Langmuir-Knudsen 蒸発モデルと Abramzon-Sirignano 蒸発モデルとの比較を行い、以前に非燃焼場に対して得られた結論と同様の傾向を得た。最後に開発した噴霧燃焼数値解析コードに新しく提案したモデルを組み合わせて、対向流場に形成された噴霧火炎の数値解析を行い、実験との比較を行った。

第 4 章では、層流の 2 次元対向流場に形成された気体燃料の平面火炎に、噴霧を突入させた際の火炎の非定常挙動を数値解析し、噴霧供給量や粒径分布の変化に起因する噴霧火炎構造の変化によって、周囲流の状態量へどのような

影響が見られるかを、油滴群火炎中の油滴挙動と合わせて考察を行った。結果として、噴霧の供給量や粒径分布を変化させた場合に発生する、油滴数密度の増加や酸素濃度の低下に起因する油滴群燃焼挙動の違いが、噴霧燃焼場へ影響を及ぼすことが明らかになった。

第5章では、層流対向流場に形成された噴霧火炎の2次元DNSを用いて、噴霧燃焼のLESで問題となる気相-油滴間の熱移動と蒸発潜熱の影響、さらにパーセルモデルの影響について検討した。油滴-気相の相間干渉効果と蒸発潜熱の効果について調べ、その影響を考慮した場合と無視した場合の比較を行った。また、油滴パーセルモデルの影響について検証した結果、油滴パーセルモデルを使用することによって燃料蒸気圧が飽和蒸気圧に接近して油滴の蒸発が抑制され、燃料蒸気の発生位置や燃焼反応の起こる位置が移動するために、気相温度分布が変化することが分かった。

第6章では、本研究で得られた知見を総括した。

## 論文審査の結果の要旨

噴霧燃焼において燃料液滴は単独で燃えるのではなく、液滴相互が影響を与え合う群としての燃焼挙動が重要になる。本論文は、層流対向流場に形成された噴霧火炎を対象とし、Eulerian-Lagrangian手法を用いた2次元直接計算(DNS)を用いて、噴霧の不均一性や噴霧特性による火炎構造の変化、油滴群燃焼挙動について調べたもので、全6章より成っている。

第1章は緒論であり、過去の噴霧燃焼に関する研究および2相燃焼場を対象とした数値解析について概観し、本研究の目的と位置付けを明確にしている。

第2章では、対向流噴霧火炎の非定常2次元数値解析コードを開発し、広範囲な油滴数密度の条件において、噴霧の不均一性によって生じる油滴の群燃焼挙動を解析可能にしている。

第3章では、油滴の抗力や蒸発について検討を行い、これまで用いられてきたモデルでは燃焼場に生じる広い温度範囲に対応することができず、特に、高温での非平衡性を考慮に入れる必要があることを見出している。

第4章では、層流2次元対向流場に形成された気体燃料の平面火炎に、噴霧を突入させた際の火炎の非定常挙動を数値解析し、噴霧供給量や粒径分布の変化に起因する群火炎構造の変化が、巨視的な燃焼特性に影響を及ぼすことを明らかにしている。

第5章では、層流対向流場に形成された噴霧火炎の2次元直接計算を行い、計算負荷を軽減する噴霧パーセルモデルのLESへの適用性について検証している。その結果、油滴パーセルモデルを用いると、燃料蒸気圧が飽和蒸気圧に近づき油滴の蒸発が抑制され、燃料蒸気の発生位置や燃焼反応の起こる位置が移動するために、気相の巨視的な温度分布を大きく変化させることを指摘している。

第6章は本研究で得られた知見の総括である。

以上のように、本論文は噴霧燃焼の2次元DNS解析コードを開発し、これを用いて噴霧の不均一性や噴霧特性による火炎構造の変化、ならびに油滴群燃焼挙動について調べ、数値解析コードに組み込まれる各種モデルが噴霧燃焼場の解析結果に与える影響を明らかにしている。これら得られた知見は燃焼解析に関して新しい知見を提供するものとして工学上価値あるものである。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。