

審 査 の 結 果 の 要 旨

氏 名 岩田 和也

修士（工学）岩田和也提出の論文は、「濃度勾配を有する予混合気中の斜めデトネーションに関する研究」と題し、6章から成っている。

斜めデトネーションは、超音速で伝播する予混合火炎であるデトネーションがその伝播速度以上の気流中において固体障害物上に保持され、実験室系に対し静止する現象であり、オーバードリブンの定常解が存在しうること、衝撃波と火炎が分離した誘導領域が存在することなど、伝播するデトネーションと本質的に異なる基礎的特性を有している。また急速かつ高压な燃焼の実現が可能であるとの観点から、極超音速飛行における空気吸い込み式推進手段としても近年着目され、多くの研究が進められてきた。しかしながら、これまでのほぼ全ての先行研究では、燃料濃度が空間的に均一な予混合気流を対象としているのに対し、推進機関等の実応用環境を考慮すると、気流中に燃料の濃度分布が存在する不均一混合気中に形成される斜めデトネーションの波面構造や燃焼特性の理解が必要不可欠である。

このような観点から本論文では、燃料の濃度勾配を気流中に導入することにより模擬された不均一混合気中における斜めデトネーションの基礎的特性について、数値計算による解析および考察を行っている。解析上異なる3つの解領域に分類される、くさび平面上、鈍頭物体上、および物体後方で自己保持する斜めデトネーションについて、特有な波面現象を個別に調べるとともに、それらに共通して得られる知見を導き出している。

第1章は序論であり、斜めデトネーションの基礎と応用技術について説明するとともに、これまでの先行研究から不均一混合気の影響に対する知見が不足している現状の課題を提示し、本研究の目的と意義を明らかにしている。

第2章では、以降の各章で使用する数値計算手法について説明している。支配方程式として層流2次元あるいは軸対称ナビエ・ストークス方程式を用い、水素-空気または水素-酸素-アルゴンの燃焼に関わる9化学種の輸送方程式を含む27素反応からなる詳細化学反応機構を適用している。主流中の水素濃度分布はガウス分布で与えられ、総当量比1を維持するように勾配幅と中心軸上当量比を設定している。

第3章では、弱いオーバードリブン解にあたるくさび平面上の斜めデトネーションを対象とした数値計算の結果について述べている。濃度の不均一性による波面構造の変化として、局所マッハ数の変化により曲率を有する構造となること、中心軸上当量比の変化に応じて先行火炎位置が大きく変化することに加え、強い濃度勾配においてV字型の特殊な形

状の先行火炎が観察されたことを述べている。また計算領域出口における解析結果から、局所の既燃ガス組成が各局所当量比の平衡状態に対応していること、燃料濃度の不均一化により燃焼効率が低下すること、過剰成分の反応物間での拡散燃焼的な反応が生じていないことを明らかにしている。さらに、特有な波面現象である V 字型の先行火炎について、その保炎位置が濃度勾配の強さに依存せず一定になること、また V 字型構造の発生条件が反応誘導距離の空間勾配を導入した無次元数によって整理できることを示している。

第 4 章では、強いオーバードリブン解にあたる鈍頭物体上の斜めデトネーションを対象とした数値計算の結果を説明している。不均一混合気においては、反応誘導距離分布の変化につれ振動燃焼が出現あるいは消失する中心軸当量比が存在すること、振動燃焼の顕著な領域が中心軸付近または中心軸より外側に限られる現象が観察されること、全体が波面分離した衝撃波誘起燃焼において中心軸上以外で衝撃波と火炎の最接近点が生じることを述べている。また、既燃ガスは前章と同様に局所当量比に対応した平衡状態になるが、火炎面の後退に伴い急激に燃焼効率が低下することを示している。さらに、低速の主流条件では、振動燃焼の発生には中心軸当量比が支配的な因子であるのに対し、高速では中心軸当量比のみでは説明できず、中心軸上以外に強い衝撃波が存在しうることが影響していることを示唆している。

第 5 章では、チャプマン・ジュゲ解にあたる物体後方の自己保持斜めデトネーションを対象とした数値計算の結果について述べている。この場合の波面は、チャプマン・ジュゲ角に追従することが確かめられたが、その一方で大きく量論組成から離れた領域では波面分離が生じ、斜めデトネーションが消失することが示されている。また、波面分離点に近いデトネーション波面はチャプマン・ジュゲ角に追従せず、平面形状になることが観察され、これは反応誘導距離が過大となりデトネーションが自己保持され難い状態となるためであると考察している。

第 6 章は結論であり、本論文において得られた結果を要約している。

以上要するに、本論文は、濃度勾配を有する予混合気中で形成される斜めデトネーションの基礎的知見の取得を目的として、数値計算により 3 種類の斜めデトネーションにおける個々の特有な波面構造を明らかにするとともに、燃料濃度の不均一性がこれらの波面構造および燃焼特性に及ぼす影響について系統的な解析を行ったものであり、燃焼工学および航空宇宙推進工学上貢献するところが大きい。

よって、本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。