The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	ロケットノズルに生じる横力の発生機構並びにその抑制方法に関する研究
Author(s)	米澤, 宏一
Citation	大阪大学, 2006, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/46764
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

【64】

氏　　名	米澤宏一（よねざわこういち）
博士の専攻分野の名称	博　士（工　学）
学　位　記　番　号	第　19900　号
学位授与年月日	平成18年1月19日
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当
学　位　論　文　名	**ロケットノズルに生じる横力の発生機構並びにその抑制方法に関する研究**
論　文　審　査　委　員	（主査） 教　授　辻本　良信 （副査） 教　授　杉本　信正　　教　授　宮崎　文夫

論文内容の要旨

近年、H-IIAロケットのメインエンジンLE-7Aの開発過程において、エンジンの起動・停止時に生じる超音速ノズルの過大な振動やノズル壁面の損傷などが大きな問題となった。そこで本研究では横力の発生機構ならびにノズル内部における遷音速流れ場の特性の解明と、これら諸問題の抑制方法の考案を目的とし、CFD（Computational Fluid Dynamics）解析及び風洞実験を行った。第1章では、研究の背景やこれまでに報告されてきた研究例、本研究の目的を示した。

第2章ではCFD解析に用いた数値計算の手法を示した。

第3章では本研究で用いた2種類の風洞について示した。

第4章では横力の発生原因と考えられるノズル内部における非対称な流れ場の発生を確認するために、流れ場を平面2次元にモデル化して実験と数値シミュレーションを行った。また、数値シミュレーション結果から、はく離流の再付着（RSS：Restricted Shock Separation）が発生する際に、流れ場がわずかに非対称であれば大きな横力が発生することが確認された。

第5章ではLE-7Aノズルの内部に設けられているフィルム冷却用の段差に着目してCFD解析と実験を行った。これらの結果から段差により、はく離点の挙動が変化することでパルス状の横力が発生することが明らかとなった。

第6章では横力やノズル内壁の損傷の原因となるRSSの発生機構を調べるために、複数のノズル形状を用いて軸対称2次元CFD解析を行った。この結果からRSSは、ノズル内部の衝撃波下流における圧力勾配が正勾配となるときに流れ場が不安定化して発生することが明らかとなった。

第7章ではノズル内部に適切な位置に段差を設けることで大きな横力を発生させずにRSSを抑制する方法を示し、CFD解析と実験でこれを実証した。

第8章では3次元非定常CFD解析を行い、ノズル内における非対称な流れ場の3次元構造を解明した。

論文審査の結果の要旨

H-IIAロケット用LE-7Aエンジンはその開発過程において、エンジンの起動・停止時にノズル部で生じる過大な横

力が問題となった。本論文は、横力の発生機構の解明ならびにその抑制方法の提案を目的としたものである。

研究手法として、CFD（Computational Fluid Dynamics）解析およびモデル供試体を用いた風洞実験が用いられた。本研究では横力の発生機構について着目するため、解析および実験において非反応性の流れを仮定している。第２章では２次元並びに３次元非定常 CFD 解析コードの開発並びにこれに用いる乱流モデルについて述べている。第３章では研究に用いた２種類の風洞設備と、流れ計測法、ノズル形状の設計法について述べている。実際の流れは三次元、非対称、非定常で、流れの剥離を含む複雑な超音速流れであるため、その計算負荷は極めて大きい。第４章、第５章ではこの種の流れの基本的な性質を把握するため、流れ場を平面２次元流れに簡略化し、実験、CFD 解析を行っている。第４章では、衝撃波下流の剥離形態が Restricted Shock Separation（RSS）と Free Shock Separation（FSS）のあいだで遷移する際にノズル内部で非対称な流れ場が生じ得る事を世界に先駆けて CFD 解析により再現することに成功し、実験との比較・検討を行っている。第５章では LE-7A エンジンノズル内部に設けられているフィルム冷却用段差の影響を、CFD 解析及び風洞実験により明らかにした。段差があると圧力比が変化しても剥離点の位置が一時的に段差にトラップされ、これが非対称・非連続的に再移動する際にも横力が発生することを明らかにした。第４章では RSS の剥離形態が存在することが剥離形態の変化による横力発生の必須条件である事が示されたが、第６章では５種類のノズル形状について軸対称の CFD 解析を行い、流れの剥離形態とノズル形状の関係が詳細に調査された。その結果、ノズル内の Mach disk 下流の圧力勾配が下流に向かって正となるようなノズル形状の場合に RSS が発生する事が示された。これは横力防止のためのノズル形状設計指針を与えるものである。第７章では、第４章から第６章で得られた知見をもとに、ノズル内部に適切な段差を設けることで RSS の発生を防止し、横力の発生を抑制できることが示された。第８章では、これまでにほとんど報告例がない３次元非定常 CFD 解析を行い、その結果がモデル実験と定性的に良く一致することを確認した上で、FSS と RSS のあいだの遷移時に生じるノズル内部の非対称流れや３次元構造の詳細を明らかにした。

以上のように、本論文はロケットノズルの起動・停止時に生じる横力の発生機構を詳細に明らかにし、これを通じてその防止法を提案している。これはロケットノズルの信頼性向上に大きく貢献するものであり、博士（工学）の学位論文としての価値が認められる。