

平成 22 年 5 月 19 日現在

研究種目：若手研究(B)
 研究期間：2008～2009
 課題番号：20760115
 研究課題名（和文）
 スクラムジェットエンジンにおける新しい超音速燃料混合促進法の開発
 研究課題名（英文）
 Development of a new method for fuel mixing enhancement in a scramjet engine
 研究代表者
 半田 太郎 (HANDA TARO)
 九州大学・大学院総合理工学研究院・准教授
 研究者番号：30284566

研究成果の概要（和文）：スクラムジェットエンジン内における燃料の混合促進を目的として新しい燃料混合法を提案した。この手法はダクト内に設けたキャビティによって発生する自励振動を利用した手法であるが、従来のキャビティ形状を改良して燃料混合に有利な三次元流れを作り出すものである。燃料の噴射を模擬するために、超音速流れにアセトンシードした窒素を噴出した。噴出気体の混合状態はアセトンをレーザーによって励起して放出される蛍光を撮像することにより可視化した。実験結果から本研究で提案した手法は従来の手法より噴出気体の混合を促進することが分かった。

研究成果の概要（英文）：In order to enhance the fuel mixing in a scramjet engine, a new method of fuel mixing is suggested. This method is based on the method in which cavity-induced flow oscillation is utilized. The geometry of the cavity is improved so that the three-dimensional flow field is produced. This three-dimensional flow advantages the mixing enhancement. In order to simulate the fuel injection, the nitrogen gas which contains a small amount of acetone is injected into the supersonic flow. The mixing of the injected gas is visualized by the laser-induced acetone fluorescence. As a result, the mixing enhancement by the improved cavity is found to be stronger than that by the conventional rectangular cavity.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	2,100,000	630,000	2,730,000
2009年度	1,300,000	390,000	1,690,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：機械工学・流体工学

キーワード：スクラムジェットエンジン、レーザー誘起蛍光法、燃料混合、アセトン

1. 研究開始当初の背景

近年、極超音速推進システムとして、スクラムジ

ェットエンジンの研究が世界各国で行われている。
 このエンジンを実用化するための重要な課題の一

つに燃料の混合促進がある。燃料混合部の流れは超音速であるため、燃料をそのまま噴出すれば燃料の混合に膨大な流路長が必要となる。したがって、何らかの方法で強制的に燃料を混合する必要がある。

2. 研究の目的

これまでに様々な混合法が提案されているが、これらの手法の一つとして流路内にキャビティを設ける方法が有力視されている。キャビティを設けることで流れは自励振動し、渦が周期的に放出される。この渦の周囲の気体を取り込む効果で燃料混合の促進が期待される。

本研究では、上述の周期的な渦に加えて、大きな二次流れが発生する新しいキャビティ形状を提案し、このキャビティを用いた燃料混合法を実験的に検討する。実験では、燃料噴射を模擬するためにアセトンを含ませた気体を流れに噴出させ、レーザー誘起蛍光法により噴出気体の混合状態を可視化する。

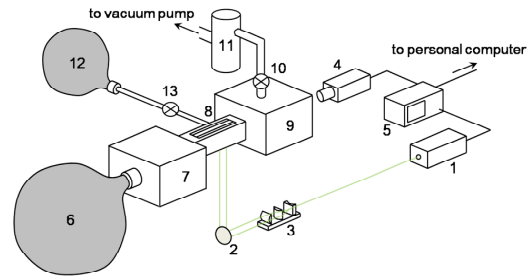
3. 研究の方法

本研究では新しく提案したキャビティを利用した混合法を、矩形キャビティを利用した従来の混合法と比較する。噴射気体の混合の様子を、アセトンをシードとしたレーザー誘起蛍光法により可視化する。

レーザー誘起蛍光法による可視化手法を模式的に示したものを図1に示す。レーザーはNd:YAGレーザー(1)の4倍高調波(波長266nm)である。レーザービームは円筒レンズ系(3)によりシート状にされ、ダクトスパン方向に入射される。レーザーにより誘起された蛍光を、レーザーシートに対して直角方向(下流方向)から、レンズ(ニコン50mm, 明るさF1.2)を介してイメージインテンシファイア付きのCCDカメラ(浜松ホトニクスC7772S)(4)により撮像する。得られた蛍光強度はA/D変換(1024階調)された後、パーソナルコンピュータに取り込まれる。

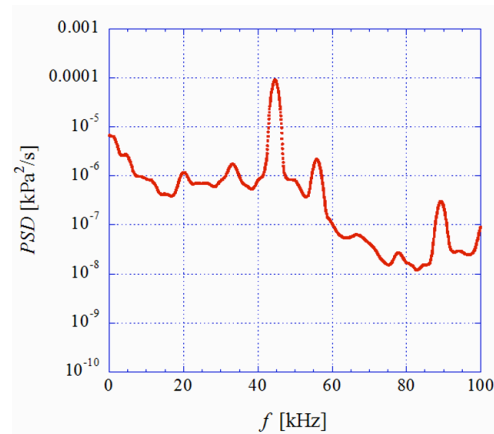
本実験で用いた風洞は大気吸込式の超音速風洞で作動気体は水分含有率5ppm以下の窒素である。図中のバルブ(10)を閉じた状態でタンク(11)内部を真空ポンプで1kPa以下まで排気しておく。バルブを開くと、バルーン(6)内の窒素が流入し、流れ場を形成する。これにともなって、バルーン(12)内のアセトンを混入した窒素が測定部に噴射される。本風洞の持続時間はタンク(11)の圧力上昇により制限され、約20秒である。

新しく提案されたキャビティの形状は従来から用いられてきた矩形キャビティの下流壁の一部を斜めにカットしたものである。キャビティの形状をこのようにすることでキャビティ流れの自励振動が維持されたまま強い二次流れが形成される。燃料を模擬した気体はカットしていないキャビティ部後縁から5mm下流の位置から噴出させる。噴出気体の流路系は図1の(12)~(13)に示されている。バルブ(13)を閉じた状態でバルーン(12)にあら

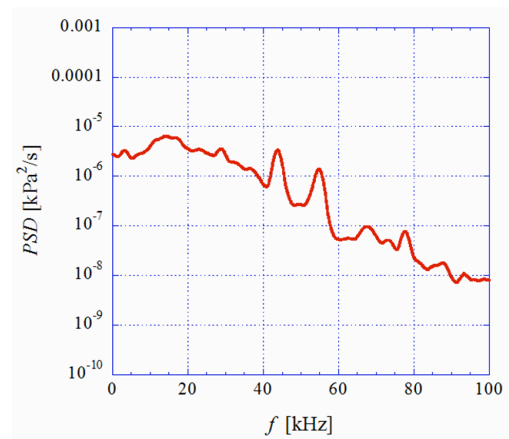


(1)レーザー, (2)ミラー, (3)円筒レンズ, (4)CCDカメラ, (5)遅延パルス発生器, (6)バルーン, (7)よどみ室, (8)測定部, (9)膨張室, (10)弁, (11)真空タンク, (12)バルーン, (13)弁

図1 実験装置



(a) 矩形キャビティ



(b) 新しく提案された形状のキャビティ

図2 圧力振動のスペクトル分布 (マッハ数2.0)

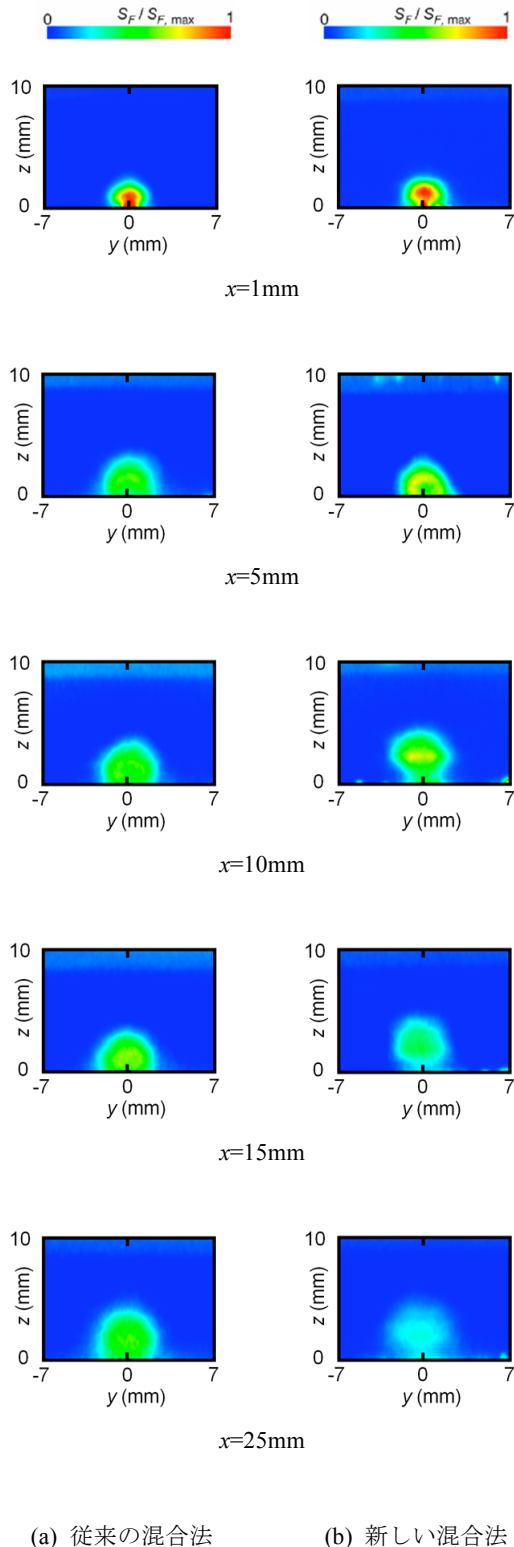


図3 蛍光画像 (マッハ数 2.0)

じめアセトンを入れた窒素を封入させる。次にバルブ(13)を開放し風洞を始動させると流れ場

の圧力は大気圧より低いのでバルーン(12)の気体は流れ場に噴出する。

4. 研究成果

キャビティ流れの振動状態を確認するために、キャビティ底壁に半導体型の圧力センサーを設置して、圧力振動を測定した。図2は測定された圧力変動から求めたスペクトル分布で、(a)図が矩形キャビティの結果、(b)図が本研究で新しく提案した形状のキャビティの結果である。(a)図に着目すると45kHzと55kHz付近にピークがあり、流れが自励振動していることが分かる。(b)図においても若干振動レベルが小さくなるものの(a)図と同様に45kHzと55kHz付近にピークが観測される。このことから本研究で提案したキャビティにおいても自励振動が起こることが確認された。すなわち、新しく提案したキャビティでは、自励振動と流れの三次元性の燃料混合にとって有利な二つの効果が期待できる。

レーザー誘起蛍光法による可視化結果を図3に示す。図の蛍光画像は流れを下流から見た画像である。(a)、(b)図はそれぞれ従来の混合法、新しい混合法の結果を示す。なお、蛍光強度はレーザーパルス50~60ショット分の平均値であり、噴射孔出口の値で正規化されている。xは噴射位置からの距離を示す。

x=15mmにおいて(a)と(b)図を比較すると、(b)図の噴出気体が(a)図に比べて高い位置に存在している。これは新しい形状のキャビティにより上向きの二次流れが生じ、噴出気体が上方に押し上げられたためである。これにより、噴出気体と周囲気体の接触面積が増えることと、スパン方向の二次流れの効果が合わさって、x=25mmの断面で(b)図の方が(a)図に比べて急激に混合が促進した様子、すなわち噴出気体の濃度が低くなった様子が観測される。

以上のことから、本研究で提案された混合法は従来の方法より混合が促進されることが実験的に確認された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計2件)

① 半田太郎, 小野大輔, 益田光治
LIF法を用いた超音速キャビティ流れの温度振動場の可視化
可視化情報, 増刊 28-1, 2008, 95-96.

② Taro Handa, Mitsuharu Masuda
On the jump in the frequency of acoustic oscillations in supersonic flows over rectangular cavity
Physics of Fluids
21-2, 2009, 0260102.

〔学会発表〕(計8件)

① 半田太郎, 増田拓郎, 今村幸平, 益田光

治, 櫻谷賢士, 山口裕
超音速 ノズルを用いたアセトン LIF 特性に
関する研究
第 4 回分子イメージングフォーラム,
2008.11.9, 早稲田大学.

② Daisuke Ono, Taro Handa, Toshiyuki Aoki,
Mitsuharu Masuda
LIF Measurement of Three-Dimensional Flow
Structure in a Transonic Diffuser
The Seventh JSME-KSME Thermal and Fluids
Engineering Conference, 2008.11.15, Hokkaido
Citizens Actives Center, Sapporo.

③ 半田太郎, 小野大輔, 久保田浩之, 宮地
弘明, 益田光治
レーザー誘起蛍光法による超音速キャビテ
ィ流れの温度振動場の可視化
平成 20 年度衝撃波シンポジウム, 2009.3.17,
名古屋大学.

④ Taro Handa, Hiroaki Miyachi, Daisuke Ono,
Mitsuharu Masuda
Experimental Verification of a New Method for
the Frequency Estimation of Acoustic
Oscillations in Supersonic Cavity Flow
The Asia-Pacific International Symposium on
Aerospace Technology 2009, 2009.11.5,
Nagaragawa Convention Center, Gifu.

⑤ 半田太郎, 宮地弘明, 駒田英也, 益田光
治, 小野大輔
周波数ジャンプを考慮した超音速キャビテ
ィ流れの振動周波数予測方法の提案と実験
的検証
日本機械学会流体工学部門講演会, 2009.11.7,
名古屋工業大学

⑥ 駒田英也, 宮地弘明, 柳田昌寿, 半田太
郎, 益田光治
超音速キャビティ流れの振動周波数予測方
法の提案と実験的検証
日本機械学会九州支部 第 63 期総会・講演
会, 2010.3.15, 熊本大学.

⑦ 山口秀記, 山内貴洋, 藤田純, 半田太郎,
益田光治
レーザー誘起蛍光法による超音速燃料混合
場の可視化-キャビティの影響について-
日本機械学会九州支部 第 63 期総会・講演
会, 2010.3.15, 熊本大学.

⑧ 山口秀記, 山内貴洋, 藤田純, 半田太郎,
益田光治
キャビティのある超音速燃料混合場の可視
化-主流マッハ数の影響について-
平成 21 年度衝撃波シンポジウム, 2010.3.17,

埼玉大学.

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]
○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]
なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

半田 太郎 (HANDA TARO)

九州大学・総合理工学研究院・准教授

研究者番号: 30284566