

令和 5 年 5 月 29 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(A)（一般）

研究期間：2018～2022

課題番号：18H03755

研究課題名（和文）レーザ加熱火炎面曲率制御法による予混合火炎と圧力振動のCoupling機構解明

研究課題名（英文）Study on coupling mechanism of acoustic vibration and propagating premixed flame by using laser irradiation method

研究代表者

藤田 修 (Fujita, Osamu)

北海道大学・工学研究院・教授

研究者番号：10183930

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 34,590,000円

研究成果の概要（和文）：C₂H₄/O₂/CO₂予混合気が上端開放の管内を下方伝播する際に生じる燃焼振動現象を調べた。燃焼振動は管が長いほど、管内径が細い程、生じやすくなる。燃焼振動の主要な増幅機構がVelocity couplingとすると理論的に予測される傾向は実験結果を良く説明できる。また、レーザ加熱火炎面曲率制御法により火炎面積を変化させて圧力増幅率を調べたところ、火炎面積と増幅率は比例関係にあることもわかった。これらの結果からここで対象とする系では主要な燃焼振動増幅機構はVelocity couplingであることがわかった。また、NH₃を炭化水素に混合させると不安定性が高まることも実験的に見出された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ガスタービン燃焼器の高効率化に向けて希薄予混合燃焼の導入が広がっている。この際最も困難な課題が燃焼振動の抑制である。本研究では燃焼振動発生に対する燃焼容器形状（長さ、内径）の影響を調べるとともに、その不安定性が現れる機構を示した。すなわち、不安定性が生じる主要機構がVelocity couplingであることを示しており、燃焼振動を抑制するうえで火炎面の変形やセル構造の制御が重要な役割を果たしていることを示している。また、今後カーボンニュートラル実現に向けて利用の広がることが見込まれるNH₃に関して、この燃料の導入が燃焼不安定性を増加させる可能性のあることを指摘している。

研究成果の概要（英文）：The downward flame propagation and its instability of C₂H₄/O₂/CO₂ premixed gas in a top open tube was investigated. It was found that combustion instability together with enhanced acoustic vibration were more likely to occur in longer tubes and smaller inner diameters. Assuming that the main amplification mechanism of combustion instability is velocity coupling, the theoretically predicted trend can well explain the experimental results. The pressure growth rate was also investigated by changing the flame area using the laser-heated flame surface curvature control method, and it was found that there is a proportional relationship between the flame area and the pressure growth rate. These results indicate that the main combustion instability mechanism in the system under study is velocity coupling. It was also found experimentally that the instability increases when NH₃ is mixed with hydrocarbon fuel.

研究分野：熱工学

キーワード：燃焼振動 予混合火炎 燃焼速度 音響モード ガスタービン アンモニア燃焼 Velocity coupling

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

ガスタービン燃焼器の開発において、最も困難な課題の一つが燃焼振動により引き起こされる激しい圧力変動である。とくに近年、燃焼器の低NO_x化や熱効率向上を目指して希薄予混合燃焼方式の導入が進められるなかで、この問題が顕在化している。燃焼振動が生じると、燃焼器の寿命を大きく縮め、時には燃焼器の破損に至る。また、近年の厳しい地球温暖化ガス排出削減要求から、ガスタービン燃焼器へ太陽光などの再生可能エネルギーから生成した水素やアンモニア (NH₃) といったエネルギーキャリアの部分導入など燃料多様化への要求も拡がりつつある。このため燃焼振動抑制対策は、今後多様な燃料へも対応していく必要がある。しかし、燃焼振動の発現機構は極めて複雑でその理解は十分に進んでおらず、産業界における抑制対策も個別の燃焼器に応じた対症療法的なものとなることも多い。このような背景のもと、より一般性の高い対応の方向性を与えるための基盤的知識となるような火炎と音響振動の相互作用に関する機構を基礎的な立場から理解しようとした。

2. 研究の目的

研究背景を踏まえ、本研究では以下の3点を主な目的として研究を実施した。

(1) 単純化した系における燃焼振動現象におよぼす燃焼器形状影響と理論検討

燃焼振動は燃焼器に生じる音響モードと火炎の発熱変動の相互作用により生じることから、燃焼容器の幾何形状 (長さ、内径) および系内に生じる音響モードの燃焼振動現象への影響を実験的・理論的に明らかにしようとした。

(2) レーザ加熱火炎面曲率制御法によるVelocity couplingの重要性評価

火炎と音響振動の相互作用が生じる機構として、Pressure coupling と Velocity coupling の存在が知られている。このうち、火炎変形に伴い生じる Velocity coupling の影響をレーザ加熱火炎面曲率制御法により明らかにしようとした。また、火炎変形を制御する方法としては新たに Double beam 法を開発し、与えられる変形形状をより多様なものとするようにした。

(3) NH₃混合が火炎の不安定性に及ぼす影響

新たなエネルギーキャリアとして期待される NH₃ の炭化水素燃料への混入が燃焼不安定性に及ぼす影響を明らかにすることを目的とし実験的研究を行った。

3. 研究の方法

本研究で用いた実験装置の概要を図1に示す。実験においては、図の中央に垂直に設置した円管 (伝播管と呼ぶ) に任意の組成の予混合気を封入し、その上端に着火したのちの下方に伝播する火炎の様子を観察した。伝播管上端は着火と同時に自動的に開放される仕組みとなっており、基本的に大気圧条件下での火炎伝播現象を観察できる。本報告の範囲では C₂H₄/O₂/CO₂ 混合気 (当量比 ϕ を固定し CO₂ による希釈率により燃焼速度 S_L を調整) を使用した結果を主に示すが、(3)の項目については NH₃/CH₄/O₂/N₂ 混合気による結果も示す。伝播管は、内径 (D) 5.0cm、長さ (L) 70.2cm のものを基本条件としているが、必要に応じてその直径と長さは任意に変更することができる。現象の観察については複数方向から高速度カメラで現象を同時に捉えるほか、伝播管下端に設置した圧力センサーで圧力変動の時間履歴を記録することができる。

さらに、この伝播管に任意の時刻に任意の時間 CO₂ レーザ (波長 10.6 μ m) を照射すること

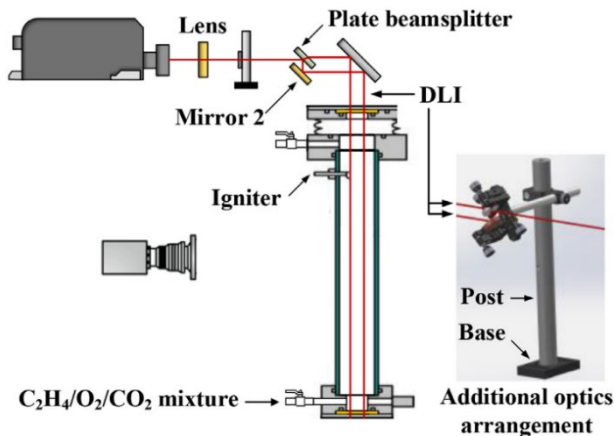


図1 Double beam 照射系統を付加した実験装置

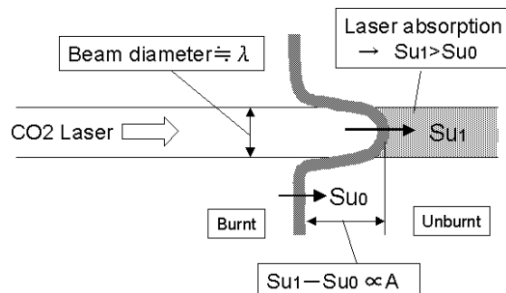


図2 レーザ加熱火炎面曲率制御法の概念

ができる。C₂H₄ ガスは 10.6 μm に強い吸収バンドを有していることから、レーザ照射により火炎前縁近傍の予混合ガスの温度が上昇し燃焼速度を増大することで図 2 のような概念で火炎に変形を与えることができる。本研究では、過去に実績のある単一ビームによる実験に加え、CO₂ レーザを 2 系統に分離し 2 本のビームを同時照射する Double beam 法を実施可能にした。これにより、複数の変形を任意の間隔で与えられるようにした。

NH₃ を用いる実験に関しては、腐食および漏洩対策が必要となるため、混合気調整、供給および排気系について専用の実験系を別途構築した。

4. 研究成果

(1) 燃焼振動現象におよぼす燃焼器形状影響

最初に管内で生じる燃焼振動挙動の分類を行う。図 3 は予混合気の組成を変え燃焼速度を 10~27.5cm/s の範囲で変えた際の管内火炎伝播挙動である。図では火炎が上端から下端へ伝播する途中の火炎形状を順次示している。この図から、火炎は燃焼速度の増加とともに不安定性が増大し、以下のような燃焼挙動を順次示す。

- I : 振動のない湾曲した火炎
- II : 振動のある湾曲した火炎
- III : 湾曲した火炎から平面火炎への遷移
- IV : 平面火炎から乱流状態への遷移
- V : 湾曲した火炎から直接乱流状態への遷移

I は全く圧力振動が生じない場合であり、II、III は安定した定常的な伝播挙動であるものの管内には振幅の小さな圧力変動が観察される (1 次不安定)。IV-V はまず火炎面に規則的な乱れが発生しその直後に大きな圧力変動が生じる (2 次不安定あるいは Parametric instability) ことで火炎面の規則的構造が失われ乱流状態となる。さらに燃焼速度を増加させると高次の音響モードを伴う燃焼振動 (2 次モード: VI、3 次モード: VII) が現れる (図 8)。

図 4 に伝播管長さ L の影響を調べた結果を示す (D=50mm, φ=0.8, Le(ルイス数)=1.05)。図より伝播管が長くなるほど 1 次不安定 (領域 IV, V) の現れる下限の燃焼速度が低下し、燃焼振動が生じやすくなっていることがわかる。このような傾向が現れる要因について、実験系の境界条件を考慮した波動方程式の解に基づく検討を行った。この際燃焼振動を増幅させる機構として Velocity Coupling を仮定し、また音響振動に対する管壁と開放端のエネルギー損失を考慮した。その結果が図 5 で、縦軸に音響振動の増幅率 (単位時間あたりの圧力振幅の増加率)、横軸に火炎位置 (r=0 は閉鎖端、r=1 は開放端) を示している。この結果から、燃焼振動は r=0.3 (管の中央部より少し下側) で最も強められることがわかる。また、管長 L が大きくなるほど増幅率は

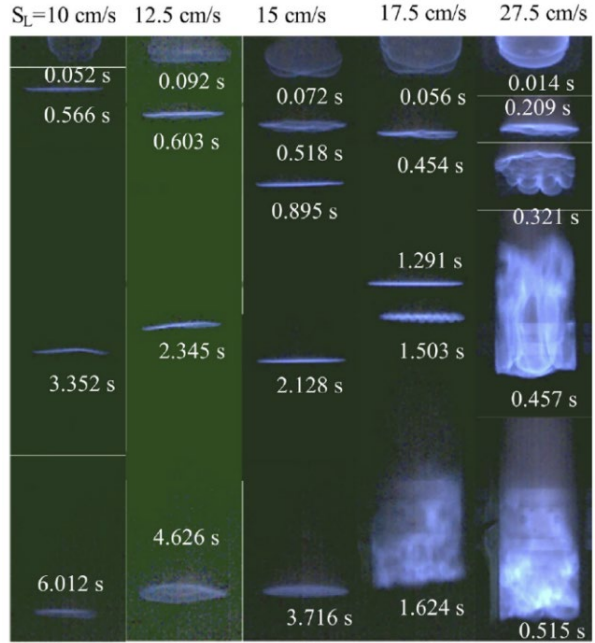


図 3 燃焼振動の分類 (φ=0.8 で固定、CO₂ 希釈率により S_L を調整。D=50mm, L=702mm)

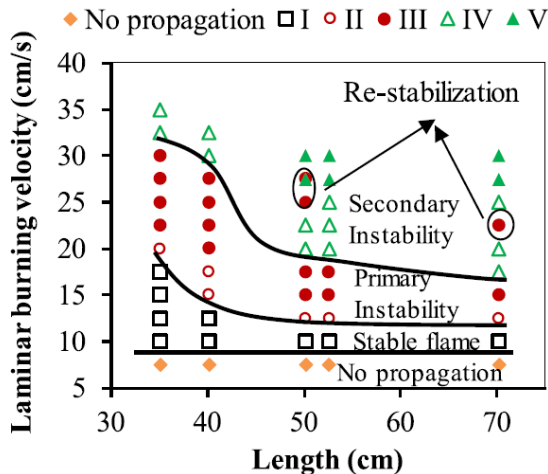


図 4 燃焼振動に対する管長の影響 (実験)

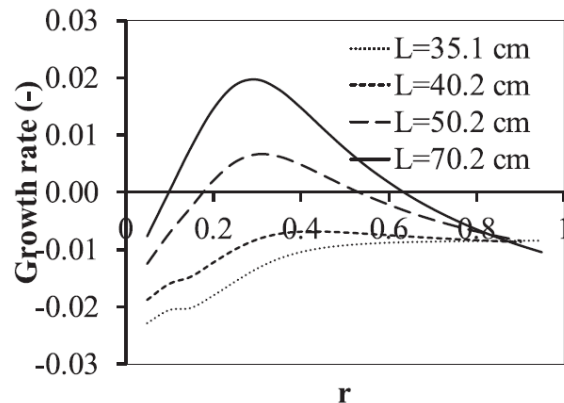


図 5 管長による増幅率分布の違い (理論)

高くなり不安定が大きくなるという結果となっており、実験結果と良く一致する傾向となっている。一方、燃焼振動が増幅する機構として Pressure coupling を仮定した場合、増幅率は燃焼場の振動周波数が大きい程（すなわち L が小さい程）大きくなるのがわかっており、ここでの実験事実と反することになる。したがって本実験（着火直後に火炎に不規則なセル構造が存在する場合）での燃焼振動を与える機構は Velocity coupling であると言える。

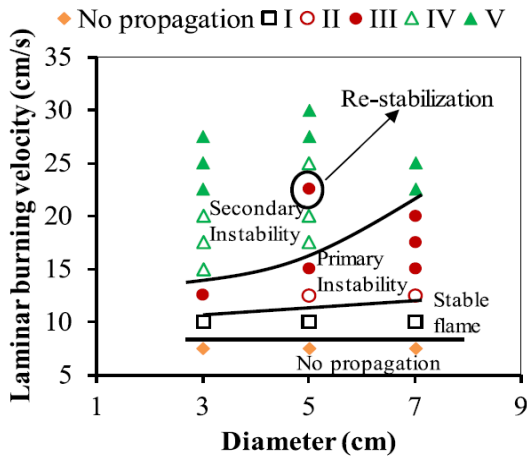


図6 燃焼振動に対する管径の影響（実験）

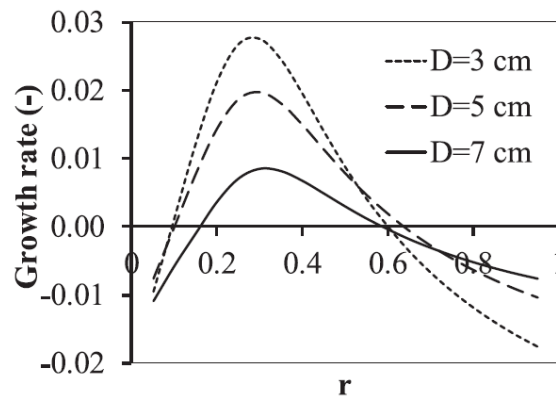


図7 管径による増幅率分布の違い(理論)

さらに、管径 D の影響を調べた結果を図6に示す ($L=70.2\text{cm}$, $\phi=0.8$, $Le=1.05$)。この結果では2次不安定が生じる燃焼速度は管径が小さくなるほど低下していることがわかる。一般に、管径が小さくなると壁面での音響エネルギーの損失が相対的に大きくなり、不安定は抑制されることから、Pressure coupling が増幅機構だとするとこの実験結果は説明できない。一方火炎形状の実験的観察によると、不安定が生じる前の火炎に現れるセルサイズは管径が小さい程小さくなる傾向にあることがわかっている。この点を考慮して、図5で行ったものと同様の理論検討を D をパラメータとして行った結果が図7である。この結果に見られるように、増幅率は D が小さい程大きくなり、図6の実験結果と整合する結果となる。したがって、Velocity coupling による圧力増幅が支配的影響を与えていると考えることが妥当である。なお、管径の影響については、より細かい径まで系統的に実験を実施しており、管径が10mm程度より細くなると不安定が抑制される傾向に転じることもわかっている。

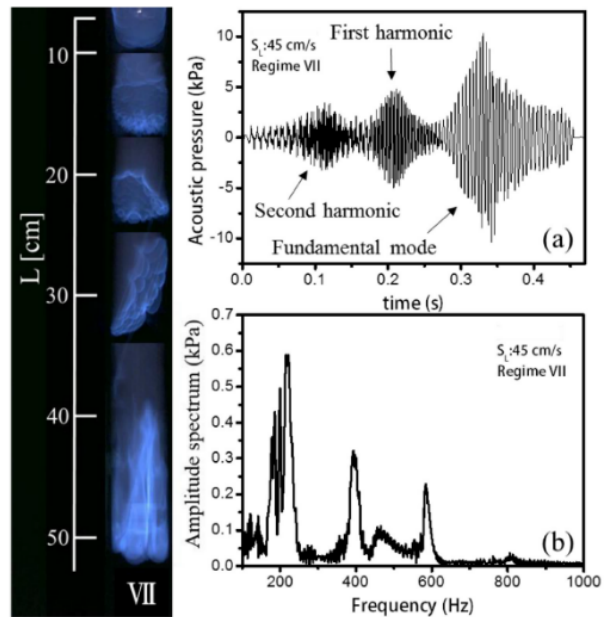


図8 $S_L=45\text{cm/s}$ での高次モードの発生（実験）

燃焼速度をさらに増大させると、燃焼振動はさらに増大し管内に高次の音響モードが現れるようになる。図8は燃焼速度を 45cm/s とした時の結果で、管内に3次の音響モードが現れている。図8(a)はこの時の時間に対する圧力振幅の履歴である。強い圧力増幅が3回に分かれて発生し、最初に3次モード(Second harmonic)、次に2次モード(First harmonic)、そして最後に基本モード(Fundamental mode)の音響振動が生じる。これに関しても理論検討を行い、図9に示すとおり Velocity coupling を増幅機構として組み込むことで、実験結果に対

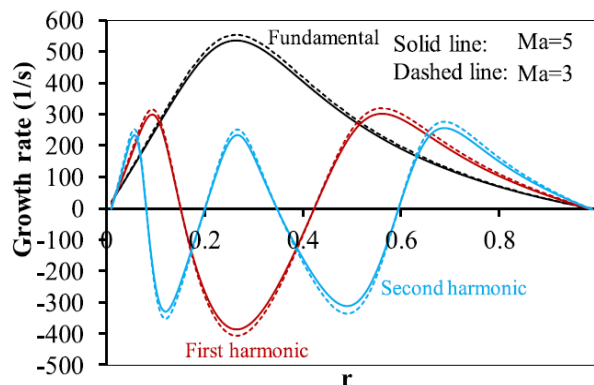


図9 高次モードにおける増幅率分布(理論)

応した増幅率の分布が得られることがわかった。この図では $r=1$ が開放端で、火炎は $r=1$ から $r=0$ に向かって進展するが、開放端に一番近い側で3次モードの増幅率が最も大きくなり、次に2次モード、最後に基本モードが最も大きな増幅率を示す結果となっている。

(2) 火炎面曲率制御法による検討

単一レーザービーム照射 (SLI) およびダブルビーム照射 (DLI) により火炎面形状制御を行い2次不安定性が誘引される様子を観察した。図10はレーザー照射により変形を与えられたエチレン予混合火炎 ($S_L=13\text{cm/s}$, $\phi=0.8$, $Le=1.05$) の時間的進展を示している。DLIの場合最初に下に凸の変形が2つ現れ、その後上に凸の火炎へと変化する。上に凸の変形が現れるのは局所的に上向き浮力流れが生じることによるものである。この図では左側の2列が10W、右側2列が13Wの照射強度となっており、火炎の変形は右側が大きくなっている。照射強度が弱い左側の比較では、DLIが2次不安定性を引き起こしており、不安定性はセルサイズが小さい複数のセルを与えた方が強くなることが理解できる。燃焼不安定性の増幅機構がVelocity couplingの場合火炎の表面積の時間変動が圧力増幅の要因となる。図11は、このように変形を与えた火炎の表面積とそれに対応する増幅率の関係である。増幅率は火炎表面積と明確な対応関係を示しておりVelocity couplingが燃焼振動増幅の主要な機構となっていることを示唆している。なお既存のVelocity couplingに関する理論では、燃焼振動の増幅率は火炎セル構造の振幅と波数の積の2乗に比例するとされているが、変形が大きい場合は、火炎の表面積がより直接的な指標となることを図11は示している。

(3) NH₃ 混合が燃焼不安定性に及ぼす影響

炭化水素にNH₃混合した際の燃焼不安定の傾向を捉えるため、NH₃/CH₄/O₂/N₂混合気の燃焼不安定性マップを取得した。図12はその結果の一例で、 $\phi=0.9$ に固定した上で燃料中のNH₃の体積比率を変数として実験を行った。実験では同一のNH₃割合のガスに対しN₂による希釈率を変えることで燃焼速度を変化させている。この結果から、1次不安定、2次不安定ともその発生する燃焼速度はNH₃の混入割合が増加するとともに低下しており、不安定性はNH₃の割合が増加するほど高まることわかる。これは、NH₃の増加とともにLeが低下することや、反応の活性化エネルギー等の燃料固有の特性値の変化が要因となっている可能性があり、今後のNH₃の燃焼機器への導入に向けて考慮すべき結果である。

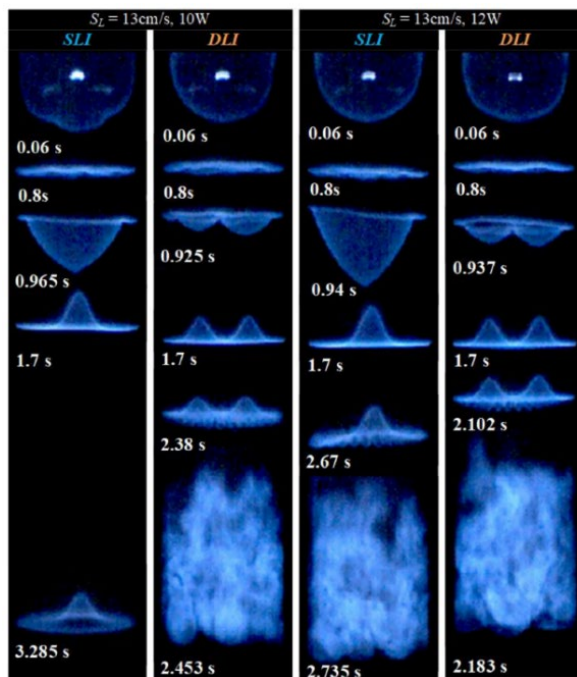


図10 SLIとDLIによる2次不安定遷移の観察

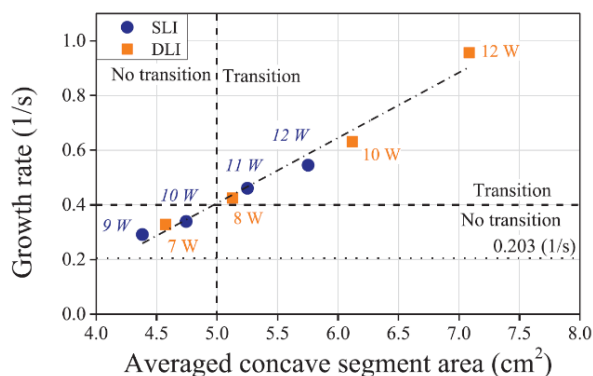


図11 レーザ照射により変形を与えた火炎の表面積と圧力増幅率の関係 (図10と対応)

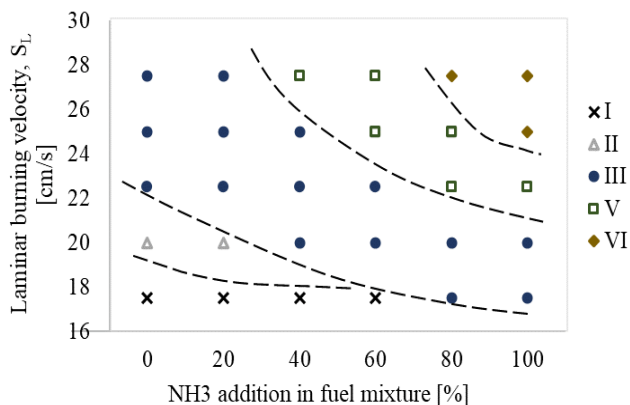


図12 燃料中のNH₃体積割合の変化が不安定性発現の下限燃焼速度に及ぼす影響 (各領域は図3での定義に対応、下限値が下がる程不安定性は増大)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 9件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Dubey Ajit Kumar, Koyama Yoichiro, Hashimoto Nozomu, Fujita Osamu	4. 巻 228
2. 論文標題 Acoustic parametric instability, its suppression and a beating instability in a mesoscale combustion tube	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Combustion and Flame	6. 最初と最後の頁 277 ~ 291
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.combustflame.2021.02.006	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Tri Nguyen T.G., Dubey Ajit K., Hashimoto Nozomu, Fujita Osamu	4. 巻 223
2. 論文標題 Effect of flame surface area of downward propagating flames induced by single and double laser irradiation on transition to parametric instability	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Combustion and Flame	6. 最初と最後の頁 450 ~ 459
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.combustflame.2020.10.026	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Dubey Ajit Kumar, Koyama Yoichiro, Hashimoto Nozomu, Fujita Osamu	4. 巻 228
2. 論文標題 Acoustic parametric instability, its suppression and a beating instability in a mesoscale combustion tube	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Combustion and Flame	6. 最初と最後の頁 277 ~ 291
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.combustflame.2021.02.006	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Dubey Ajit K., Koyama Yoichiro, Yoon Sung Hwan, Hashimoto Nozomu, Fujita Osamu	4. 巻 216
2. 論文標題 Range of "complete" instability of flat flames propagating downward in the acoustic field in combustion tube: Lewis number effect	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Combustion and Flame	6. 最初と最後の頁 326 ~ 337
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.combustflame.2020.03.003	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Dubey Ajit Kumar, Koyama Yoichiro, Hashimoto Nozomu, Fujita Osamu	4. 巻 38
2. 論文標題 Exploring a critical diameter for thermo-acoustic instability of downward propagating flames in tubes	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of the Combustion Institute	6. 最初と最後の頁 1945 ~ 1954
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.proci.2020.06.018	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Dubey Ajit K., Koyama Yoichiro, Hashimoto Nozomu, Fujita Osamu	4. 巻 205
2. 論文標題 Experimental and theoretical study of secondary acoustic instability of downward propagating flames: Higher modes and growth rates	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Combustion and Flame	6. 最初と最後の頁 316 ~ 326
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.combustflame.2019.04.010	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Wang Qiang, Hu Longhua, Wang Shaoming, Wang Shuangfeng, Chung Suk Ho, Fujita Osamu	4. 巻 210
2. 論文標題 Blowout of non-premixed turbulent jet flames with coflow under microgravity condition	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Combustion and Flame	6. 最初と最後の頁 315 ~ 323
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.combustflame.2019.08.041	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Chung Yongho, Osamu Fujita, Nozomu Hashimoto	4. 巻 37
2. 論文標題 Effect of Le on criteria of transition to secondary acoustic instability of downward-propagating flame in a tube with controlled curvature induced by external laser	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of the Combustion Institute	6. 最初と最後の頁 1887-1894
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.proci.2018.06.159	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ajit KumarDubey, KoyamaYoichiro, HashimotoNozomu, FujitaOsamu	4. 巻 37
2. 論文標題 Effect of geometrical parameters on thermo-acoustic instability of downward propagating flames in tubes	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of the Combustion Institute	6. 最初と最後の頁 1869-1877
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.proci.2018.06.155	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計17件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 8件)

1. 発表者名 Binti Rajii A.N., Hashimoto N., Fujita O.
2. 発表標題 Experimental Study On Partial Replacement Of Nh3 Into Fuel On Combustion Instability Of downward-Propagating Premixed Ch4/O2/N2 Flames
3. 学会等名 13th Asia-Pacific Conference on Combustion (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Ajit Kumar Dubey, Youhi Morii, Hisashi Nakamura, Osamu Fujita, Kaoru Maruta
2. 発表標題 Comparative theoretical study of thermoacoustic instability with single and twin flames in closed tubes
3. 学会等名 第58回燃焼シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Nguyen Truong Gia Tri, Nozomu Hashimoto, Osamu Fujita
2. 発表標題 Experimental investigation on the transition to parametric instability of downward propagating flames induced by single and double laser irradiation,
3. 学会等名 第58回燃焼シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 角川 新, 橋本 望, 藤田 修
2. 発表標題 アンモニア予混合火炎の伝播管内における燃焼振動の観察
3. 学会等名 第58回燃焼シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 金森 拓, 橋本 望, 藤田 修
2. 発表標題 音響学的振動にさらされた管内下方伝播予混合火炎の二次不安定性発生時に現れるセル構造の観察
3. 学会等名 第58回燃焼シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Ajit Kumar Dubey, Yoichiro Koyama, Nozomu Hashimoto, Osamu Fujita
2. 発表標題 Thermoacoustic Instability of Downward Propagating Flames in a Small Diameter Tube
3. 学会等名 The Second Pacific Rim Thermal Engineering Conference (PRTEC-2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Juwon Park, Sung Hwan Yoon, Heejae Kim, Jae-Hyuk Choi, Kang-Woo Chun, Osamu Fujita,
2. 発表標題 Experimental Study on Secondary Acoustic Instability in Downward-Propagating Flames in a Tube
3. 学会等名 12th Asia-Pacific Conference on Combustion (ASPACC2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ajit Kumar Dubey, Yoichiro Koyama, Sung Hwan Yoon, Nozomu Hashimoto, Osamu Fujita
2. 発表標題 Effect of Le on Transition to Parametric Instability in Downward Propagating Flames
3. 学会等名 12th Asia-Pacific Conference on Combustion (ASPACC2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Nguyen Truong Gia Tri, Nozomu Hashimoto, Osamu Fujita
2. 発表標題 Experimental Comparison on Transition Criteria to Parametric Instability of a Downward-propagating Flame in a Tube Induced by Single Laser Irradiation and Double Laser Irradiation
3. 学会等名 12th Asia-Pacific Conference on Combustion (ASPACC2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ajit Dubey, Osamu Fujita, Yoichiro Koyama, Nozomu Hashimoto
2. 発表標題 Effect of Boundary Conditions on Thermo-Acoustic Instability of Flames Propagating in Tubes
3. 学会等名 27th International Colloquium on the Dynamics of Explosions and Reactive Systems (27th ICDERS) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ajit Dubey, Yoichiro Koyama, Nozomu Hashimoto, Osamu Fujita
2. 発表標題 Critical diameter for thermo-acoustic stability of downward propagating flames in tubes
3. 学会等名 第57回燃焼シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yoichiro Koyama, Ajit Kumar Dubey, Nozomu Hashimoto, Osamu Fujita
2. 発表標題 Experimental observation of parametric instability of downward propagating flame in combustion tube under higher acoustic vibration mode
3. 学会等名 37th International Symposium on Combustion, Work-in-progress (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ajit Dubey,Osamu Fujita,Yoichiro Koyama,Nozomu Hashimoto
2. 発表標題 Effect of Boundary Conditions on Thermo-Acoustic Instability of Flames Propagating in Tubes
3. 学会等名 27th International Colloquium on the Dynamics of Explosions and Reactive Systems (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tri Truong Gia Nguyen , Nozomu Hashimoto , Osamu Fujita
2. 発表標題 Effect of external acoustic wave on thermo-acoustic instability of downward propagating flame
3. 学会等名 第56回燃焼シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yongho Chung , Nozomu Hashimoto , Osamu Fujita
2. 発表標題 Le effect on primary acoustic instability of downward propagating flame in a tube with external laser irradiation method
3. 学会等名 第56回燃焼シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ajit Kumar Dubey, Yoichiro Koyama, Nozomu Hashimoto, Osamu Fujita
2. 発表標題 Higher Mode Parametric instability of downward propagating flames in tubes
3. 学会等名 第56回燃焼シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小山 陽一郎, Ajit Kumar Dubey, 橋本 望, 藤田 修
2. 発表標題 管内下方伝播火炎における高次音響モードに対する パラメトリック不安定性の実験的観察
3. 学会等名 日本機械学会年次大会2018年度年次大会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

燃焼振動と音響学的不安定性 http://isu-eng-hokudai.main.jp/project/acoustic-instability/ Acoustic Instability http://isu-eng-hokudai.main.jp/project/

6. 研究組織			
	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	橋本 望 (Hashimoto Nozomu) (70392751)	北海道大学・工学研究院・准教授 (10101)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------