



令和3年8月24日

報道機関 各位

東北大学流体科学研究所

ロケット・エンジンの数値計算と実験の定量比較を 可能とする手法の開発 ～CFD 結果と実験で得られる OH*発光を比較可能とする手法の開発～

【発表のポイント】

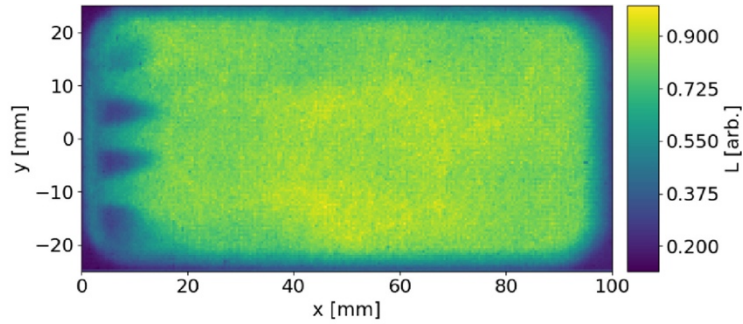
- ロケット・エンジンは極限状態での燃焼現象であり、実験によって得られる情報は限られている。
- 詳細な情報が得られる数値計算を用いた実験の再現が求められるが、数値計算のモデル検証に必要な実験データも存在しない。
- 実験で比較的容易に得られる OH*の発光に対して、数値計算結果を定量的に比較できる手法を開発した。

【概要】

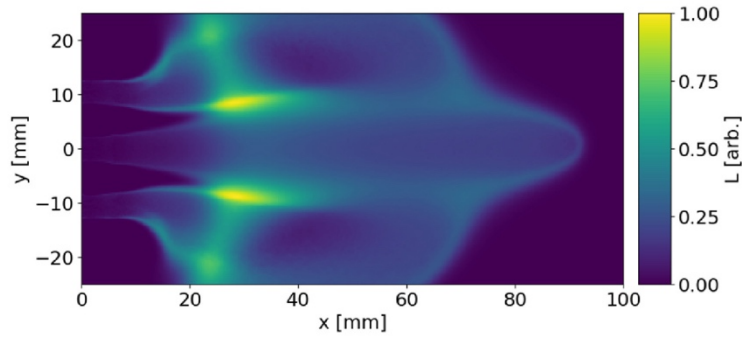
ロケット・エンジンは高温・高圧の条件で燃焼するため、実験で計測できるデータは非常に限られており、ロケット・エンジン内の燃焼現象を詳細に理解することは困難です。そこで、数値計算による実験の再現が期待されていますが、現在の実験で得られるデータだけでは、数値計算のモデル検証も容易ではありません。

東北大学流体科学研究所エネルギー動態研究分野の森井雄飛助教は、ドイツ航空宇宙センター(DLR)と共同で、ロケット・エンジンの数値計算結果と実験データを定量的に比較可能な新しい手法「SMART」を開発しました。この新手法により、実験で比較的簡単に得られる OH*発光に対して、数値計算結果を定量的に比較することが可能となりました。この OH*発光は従来法では定量比較が困難であった燃焼で重要となる化学反応に関わる現象であり、数値計算モデルの中でも最も重要な化学反応のモデル化に対する精度向上に大きく寄与すると期待されます。

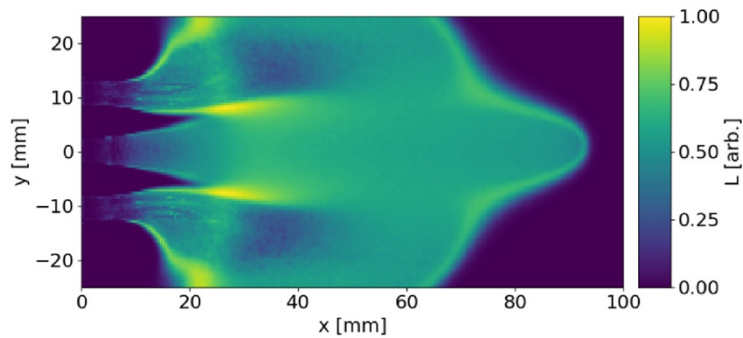
本成果は燃焼分野で最も権威のある学術誌 *Combustion and Flame* に 2021 年 8 月 2 日にオンライン掲載されました。



(a) Time averaged OH* radiation measurements



(b) 1D Integrated [OH]* [53]



(c) SMART

図1. (a)に実験で得られた結果, (b)に数値計算結果に従来法を適用した結果, (c)に数値計算結果に新手法「SMART」を適用した結果を示す. 従来法を適用した(b)に比べて, SMART を適用することで数値計算結果の実験再現性が向上している.

【詳細な説明】

◆ 背景

ロケット・エンジンの開発初期段階で問題となる燃焼振動については、長年の研究にもかかわらず、燃焼振動が発生する条件やその抑制方法が明らかになっていません。これは、ロケット・エンジンの燃焼が高温高圧の条件下で行われるため、実験で測定できるデータが限られているためです。そこで、コンピュータの進歩により、数値計算によって実験を再現することで、ロケット・エンジン内部の詳細なデータを得ることができるかと期待されていますが、現在の実験で得られるデータは、数値計算で使われるモデルを検証するには十分ではありません。燃焼振動の解明のためには、数値モデルを改良し、信頼性の高い数値結果を提供することが急務となっており、数値モデルの高度化に重要となる実験との定量的な比較を可能にする手法の開発が求められています。

◆ 研究の詳細

ロケット・エンジンの数値計算結果と実験データを定量的に比較することを目的に、実験で比較的簡単にデータを取得でき、火炎の位置を特定方法として広く利用されている OH* 発光に着目しました。本研究では、数値計算によって得られた OH* 発光に関わる結果に対して、実験で得られた OH* 発光と定量的な比較を可能とする新しい手法である「Spectral Model and Ray-Tracing (SMART)」を開発しました。SMART は、逆光線追跡により光線の経路を求め、その経路上の熱力学的特性を抽出して、対象(本研究では OH*)となる波長域の発光・吸収スペクトルを計算します。そして、放射伝達方程式を解くことでスペクトル放射輝度を求め、そのスペクトル放射輝度を積分することで全放射輝度を算出する方法です。

ドイツ航空宇宙センターで実施したロケット・エンジンのサブスケール試験の結果と、それを模擬した数値計算に SMART を適用した結果を比較し、従来法では火炎位置を定性的に比較することしかできなかった OH* 発光に対して、定量的に比較できることを確認しました(図1)。また、本研究により OH* 発光を定量的に比較することを可能としたので、数値計算モデルの中でも重要な化学反応モデルに対する高精度化に大きく寄与できると期待されています。

[論文情報]

タイトル: Obtaining pseudo-OH* radiation images from CFD solutions of transcritical flames

著者: Federica Tonti, Jaka Perovšek, Jose' Zapata Usandivaras, Sebastian Karl, Justin S.Hardi, Youhi Morii, Michael Oswald

雑誌: Combustion and Flame, 233, 111614 (2021)

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.combustflame.2021.111614>

[用語説明]

注1: CFD

数値流体力学. Computational Fluid Dynamics の略.

【問い合わせ先】

(研究に関すること)

東北大学流体科学研究所

担当 森井雄飛

電話 022-217-5296

E-mail morii@edyn.ifs.tohoku.ac.jp

(報道に関すること)

東北大学流体科学研究所

広報戦略室

電話 022-217-5873

E-mail ifs-koho@grp.tohoku.ac.jp