メタン/酸素統合推進系の実現に向けたレーザー生成プラズマ着火スラスタ

東海国立大学機構 名古屋大学 / JAXA

研究実施期間：令和6年4月～令和7年9月

研究目的

将来の宇宙輸送機に向け，極低温液体推進剤（液体水素，液体メタン，液体酸素等）を用いるメインエンジンと推進剤を共用する姿勢制御スラスタを提案する．高比推力が得られる一方，自着火性を有す従来のヒドラジンと異なり，信頼性の高い着火装置が必要となる．そこで発展著しいレーザーを利用した着火システムに着目し，その実現性と着火特性を調査する．

研究内容

初期検証として，ガス酸素(GOX)，ガスメタン(GCH4)を推進剤とするスラスタに対し，レーザー着火の特性を調査した．従来の燃焼室内での着火位置が固定のスパークプラグによる火花点火や，燃焼室側面からのレーザー入射・着火に対し，本研究ではレーザー集光位置を自在に調整できる推進剤のラジアルインジェクションとレーザーの軸方向導入を提案する（図1）．レーザーにはパルスNd:YAGレーザーの第二高調波（パルス幅9ns，エネルギー200mJ）を用いた．

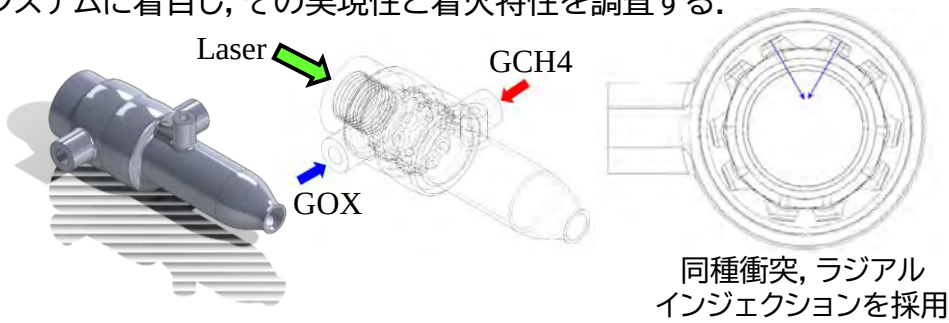


図1　レーザー着火・ラジアルインジェクションGOX/GCH4スラスタ

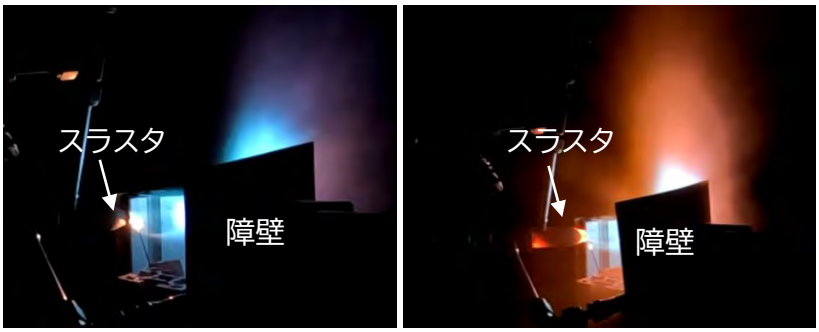
研究成果のハイライト

図2の通りレーザーによる着火に成功した．燃焼室内の局所混合比の空間分布の存在のため，レーザー着火の成否にはレーザー集光位置が重要であることが明らかとなった．噴射器設計に応じて，最適な集光位置も変化すると考えられることから，提案するレーザーの軸方向導入では，焦点位置を自在に調整することによる着火性と噴射器性能の最適化が可能となると考えられる．すなわち，本スラスタ構造とレーザー着火の親和性が高いことが示された．

レーザー集光位置に加え，レーザーエネルギー，混合比，着火前圧力がレーザー着火に及ぼす影響を定量的に整理するとともに，レーザー着火と統合推進系に基づく極低温液体推進システムの概略検討を実施し，実現性ならびに課題を整理した．

事業化計画

極低温液体推進剤を利用する宇宙輸送機では，通常スラスタには一液ヒドラジンもしくはコールドガスジェットを用いるが，統合推進系を実現することで，簡素化・軽量化・無毒化等に貢献することができる．今回得られたレーザー着火の成果を基盤とし，さらなる開発を進め，統合推進系としての実装・事業化が考えられる．



混合比～4：化学量論比付近　　混合比～2：燃料過多

図2　レーザー着火後の燃焼の様子

問い合わせ先

名古屋大学 杵淵紀世志
kiyoshi.kinefuchi[at]mae.nagoya-u.ac.jp

制作：東海国立大学機構 名古屋大学