ニ次噴射フィードバック制御に向けた振動燃焼の要素解析

Fundamental Analysis on Oscillatory Combustion for Feedback Control System using Secondary Injection

青山学院大学　理工学部　　佐藤　博之，林　光一

１．はじめに

本研究では,燃焼制御における基本３要素として音響，発熱，流体，およびこれらの相互干渉に関する効果の解明を目的にしている．昨年度は，音響要素に関して，閉ループ・フィードバック制御システムを構築した．世界的な研究情勢を考えても，燃焼制御の主流は二時噴射によるフィードバック制御システムの開発に力が注がれている．しかし，現状では制御理論を組み込んだフィードバック制御システムの構築に関して報告した研究例は，極めて少ない.

そこで本研究では，制御アルゴリズムを用いた二次噴射によるフィードバック制御システムの構築に向けた基礎研究として，二次噴射方法の検討をすることで現象の把握を行い，さらに制御システム要素の検討を行った.

２．燃焼装置および実験方法

試験燃焼器は図 1 に示すように，150×150×300mm の開放端を有する箱型燃焼器である．本燃焼器は，スワール型保炎器を有し，その中心に計 12 個の二次噴射用微孔ノズルを持つ構造となっている．今回は，二次噴射ジェットの速度による燃焼騒音低減の効果（流体力学的干渉の効果）について調べるために，二次噴射孔φ1.0 とφ0.5 の二つのタイプを用意した.

実験は，振動燃焼を示す当量比条件（燃料および空気の供給流量，l/min）を予め求め，過濃側および希薄側の振動燃焼火炎に対して，それぞれ空気および燃料を用いた二次噴射による燃焼騒音低減（振動火炎の安定化）を試みた.

３．実験結果

振動燃焼時に見られる火炎基部の保炎器への付着と離脱に注目し，3 種類の二次噴射方向（スワール主流に対して a:直角方向，b:順方向，c:逆方向；いずれも鉛直方向に対して直角）を検討した．実際の現象では，局所発熱変動の領域が燃焼状態として過濃な場合と希薄な場合が考えられる．今回は過濃な条件（φ=1.3）を想定し，二次噴射として空気を用いた．図 2 はその結果であり，噴射開始時間より燃焼騒音レベルの履歴を示したものである．なお，この結果は開ループの制御であり, フィードバックは組まれていない. 同図より，全てのタイプにおいて燃焼騒音の低減が確認されたが, 二次噴射開始からの応答時間を考えるとタイプ a の条件で最も効果が認められた．その理由としては，未燃焼ガスと酸化剤（空気）の混合促進が考えられ，横断面（水平方向）で考えるとスワール主流に対して直角方向に空気（ジェット）を噴射することにより，より効果的な流体の干渉が生じ混合が促進されたと考えられる.

図 3 および図 4 は，二次噴射孔φ1.0 とφ0.5 の条件において，流量比（二次流量/全流量）と燃焼騒音の関係を示した結果である．φ1.0 の場合，流量比で約 6%の二次噴射量で燃焼騒音レベルが暗騒音レベルまで低下していることがわかる．一方，φ0.5 の条件においては，流量比で約 3%の二次噴射量により，燃焼騒音を低減できることが明らかになった．このことは，二次噴射ジェットの流速が燃焼騒音の低減に対して重要な要素であることを示しており，流体干渉の効果であることが示唆される.

４．今後の課題

二次ジェットの有効的な噴射方法を見出すとともに，フィードバック制御システムの構築に向けた現象のモデリング，および最適アルゴリズムの検討が課題である.

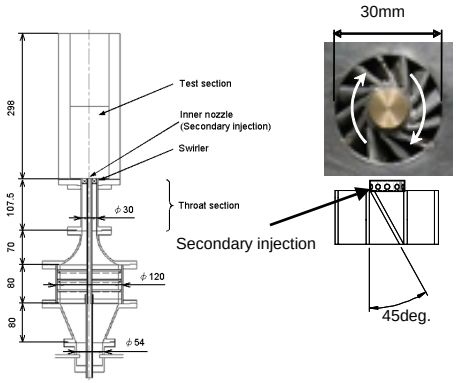

図 1　燃焼器概略とスワール保炎器

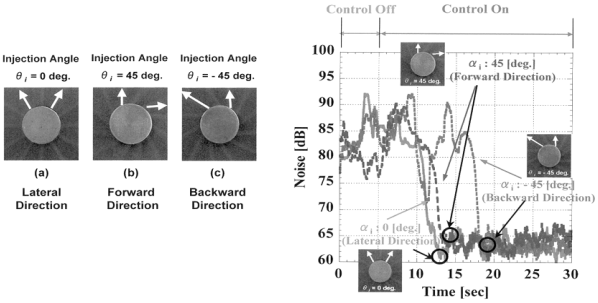

図 2　二次噴射の最適化

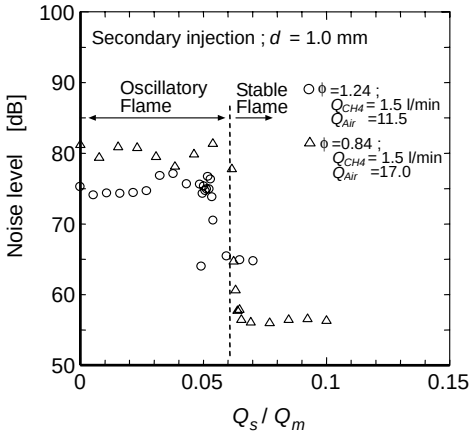

図 3　二次噴射ジェットの効果（φ1.0）

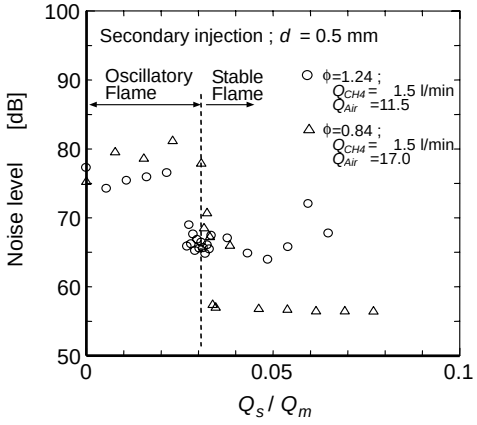

図 4　二次噴射ジェットの効果（φ0.5）