

豊橋技術科学大学長 殿

令和 3 年 2 月 16 日
(2021)機械工学 専攻
学位審査委員会
委員長

佐藤 海二



論文審査及び最終試験の結果報告

このことについて、博士学位論文審査を実施し、下記の結果を得ましたので報告いたします。

学位申請者	Anek Bunkwang		学籍番号	第 169105 号
申請学位	博士 (工学)	専攻名	大学院工学研究科博士後期課程 機械工学 専攻	
博士学位論文名	Study on Flickering Behavior of Interacting Two Jet Diffusion Flames (2つの噴流拡散火炎の干渉による周期変動形態に関する研究)			
論文審査の期間	令和 3 年 1 月 14 日 ~ 令和 3 年 2 月 15 日 (2021) (2021)			
公開審査会の日	令和 3 年 2 月 8 日 (2021)	最終試験の実施日	令和 3 年 2 月 15 日 (2021)	
論文審査の結果*	合格		最終試験の結果*	合格
審査委員会(学位規程第6条)				
学位申請者にかかる博士学位論文について、論文審査、公開審査会及び最終試験を行い、別紙論文内容の要旨及び審査結果の要旨のとおり確認したので、学位審査委員会に報告します。				
委員長	柳田 秀記			
委員	桑名 一徳		土井 謙太郎	
	中村 祐二			印
		印		印

*論文審査の結果及び最終試験の結果は「合格」又は「不合格」の評語で記入すること。

論文内容の要旨

複数の火災源が存在すると炎が互いに相互干渉しあつて単独時とは異なる挙動を示し、火災被害の予測を困難とする。この予測を支援するため、干渉による燃焼挙動の法則性を導くことは重要な工学課題である。本論文では、2つの噴流拡散火炎を干渉させた際に得られる火炎挙動を研究対象とし、異なる2つの周期変動形態の存在ならびにそれらが入れ替わる遷移条件、遷移条件の相似則に関して実験および数値解析により明らかにしたものである。本論文は全7章から構成されている。

第1章では一般的な熱流体問題における不安定性現象に関する調査を行い、不安定性現象の支配要素を示した上で、本研究で取り扱う周期変動現象の位置づけを明確化している。第2章では、過去に行われた浮力支配型の周期変動問題の事例を精査し、これまでの知見を整理するとともに現状で未解決となっている諸課題を指摘し、本研究で採用する方法論の妥当性ならびに目的達成のために考慮すべき実験パラメータの選択の妥当性を示している。第3章では、本研究で導入した試験装置および解析モデルを示し、試験装置の精度検証ならびに数値解析手法の妥当性検証を行っている。特に、異なる2つの周期変動形態が入れ替わる遷移条件を明確に再現できることを確認しており、ここで導入する実験および解析手法が本研究の目的を達成するためのツールとして妥当であることを示している。第4章では、2つの噴流拡散火炎の干渉に伴う周期変動形態の発現に与える燃料流量、噴流出口径、噴流間距離による影響を実験的に評価し、周期変動形態の遷移条件に対して幅広い条件で成立する相関式を提案している。第5章では、2つの噴流拡散火炎間の変動のうち、特に非対称変動となる条件が、以前より報告されている火炎蛇行現象が発現する条件と物理的に相似となることを見出し、それら2つの現象に適用できる相似則を提案している。第6章では、数値解析を用いて周期変動時における詳細な熱および物質の輸送構造を可視化し、実験で予測された噴流間の流動現象が変動現象に与える重要性を確認している。加えて、実験では不可能な高い重力条件下での遷移条件を調べ、前章で提案した相似則で整理できることを示し、得られた結論の汎用性を明らかにしている。第7章で全体の総括を行っている。

審査結果の要旨

複数の浮力支配型の拡散火炎の干渉は、例えば隣り合う窓からの噴出火災（Façade火災）等で頻繁にみられる燃焼現象の一つである。複数の火炎が相互干渉することにより変動が同期する現象を呈する事実は良く知られているものの、その詳細な物理過程については未解明なままであった。この現象は浮力による不安定性に起因するものであるため、その解明のためには不安定性を持つ火炎干渉を再現性よく再現し得る試験装置の開発が不可欠となる。

本論文は、不安定性現象を再現性よく実現可能な試験装置ならびに変動現象を精密に観測可能な計測システムを導入し、実験的に検証するとともに数値計算により補強することで、相互干渉による2つの火炎の周期変動挙動に関して統一的な知見をまとめたものである。周期変動形態の遷移条件を、グラスホフ数と噴流径と噴流間距離の長さ比の2つの無次元数を用いてよく整理できることを見出した。また、そのときの噴流間の温度境界層厚さがほぼ一定になるという重要な特徴を実験的に明らかにした。このことは、噴流間の熱流体運動が遷移に大きく影響することを示唆している。この仮定を検証するため、単独火炎でしばしば確認されている火炎蛇行現象との相似性に着目し、その発現を支配する相似則を見出した。具体的には、噴流間の離隔距離と浮力速度で定義される慣性力と、境界層をもたらす粘性力で定義される噴流間レイノルズ数が、ある臨界値を超えると遷移に至ることを実験および数値計算により明らかにしている。

これらの研究成果は、複数の熱源がもたらす浮力不安定性における相似則を提案した点において高い学術性が認められるだけでなく、複数の火災間の干渉により被害を加速し得る燃焼場挙動の予測にも寄与するため、燃焼工学の進展にも大きく貢献する。

以上により、本論文は博士（工学）の学位論文に相当するものと判定した。