T2R2 東京科学大学 リサーチリポジトリ
Science Tokyo Research Repository

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	断面積局所縮小を用いたループ管方式熱音響原動機の音場調整手法に関する研究
Title(English)	
著者(和文)	折野裕一郎
Author(English)	Yuichiro Orino
出典(和文)	学位:博士（工学）, 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:乙第4131号, 授与年月日:2016年5月31日, 学位の種別:論文博士, 審査員:黒澤　実,中村　健太郎,杉野　暢彦,田原　麻梨江,蜂屋　弘之
Citation(English)	Degree:, Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:乙第4131号, Conferred date:2016/5/31, Degree Type:Thesis doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

Powered by T2R2 (Science Tokyo Research Repository)

（論文博士）

論　文　要　旨　（和文2000字程度）

報告番号	乙 第　　号	氏　名	折野 裕一郎

（ 要　旨 ）

持続可能な社会の実現に向けた省エネルギー化や再生可能エネルギーへの転換へ向けた取り組みの一つとして，未利用熱の新しい活用技術が求められており，その手法の一つとして，音波の熱力学的作用によって細管中で引き起こされる熱音響現象を応用したシステムが注目されている．熱音響現象の一つである音波増幅効果とそれによる自励振動を利用することで，システム外部の熱源の温度差から機械的エネルギーを取り出す熱音響原動機が実現できる．

熱音響原動機は音波の位相から定在波型と進行波型に大別され，熱効率の観点から進行波型に注目が集まっており，進行波型熱音響原動機を実現する基本的な導波管の構造の一つがループ管である．自励振動により生じるループ管内音場は自励振動が持続するための熱源温度比の条件や熱効率に大きく影響するため，管内定在波音場の分布は重要である．ループ管の受動的な音場制御手法の一つとして，ループ管導波路断面積に局所的に縮小箇所を設けることによる調整手法が提案されている．導波路を局所縮小する構造は**“Phase Adjuster” (PA)**と呼ばれ，元々は**2**波長共鳴の抑制のために提案された．さらに実験的な検討によって効率改善などの効果が発見され，音場調整の**1**手法として実験的な検討が繰り返されてきたが，原理の解明には至っていない．

本研究は，導波路の局所縮小による音場制御手法のメカニズムを解明しシステムを設計可能とすることに向けて，管内音波とそれによる熱音響現象の線形理論に基づき，局所縮小が引き起こす効果や設置条件の経験則を検証し，線形理論による設計の可能性を検証することを目的とした．

本論文は**5**章で構成される．

第**1**章は序論であり，熱音響原動機における音場の役割について文献調査を後に，局所縮小を設けることによるループ管方式熱音響原動機の音場調整手法において，これまでに確認されている効果と課題について述べた上で，本研究の目的が述べられている．

第**2**章では，導波管に設けた局所縮小部のみを伝搬する音波に焦点を当てて，局所縮小部の音響特性を検証している．線形理論に基づいた伝達行列の縦続接続による音波伝搬モデルが示され，圧力センサを用いて測定された局所縮小部前後の音場と小振幅域において一致することが示された．また，実際の局所縮小部によける音響パワー損失の振幅依存性を調査し，粒子速度振幅が一定以上となる大振幅域において線形理論では予測できない音響パワー損失の増大が確認された．

第**3**章では，ループ管熱音響原動機の導波管において局所縮小部を設けることによって現れる**2**波長共鳴の抑制効果と，音波の振幅を増大させる設置条件の経験則について，自励振動の安定性の観点から検討している．熱音響現象の線形理論に基づいた数値計算による安定性の解析を行い，自励振動が生じる必要条件である臨界温度比を求めることで局所縮小の効果を検討した．**2**波長共鳴の抑制効果の検証と

しては，1波長共鳴の臨界温度比は局所縮小によって低減される一方で2波長共鳴の臨界温度比は上昇することが示された．また，局所縮小部の設置条件は，経験則として知られる条件は臨界温度比が低くなる条件であることが示された．これらの臨界温度比の低減効果が実験によっても確認されることも示された．

第4章では，導波管の局所縮小による音場調整のメカニズムを論じている．線形理論により予測される定在波音場の分布は，実際に測定した音場分布と低温度・小振幅ではよく合致し，線形理論に基づく音場の事前予測がある程度可能であることが示された．この前提に基づき，音場分布を線形理論に基づいて詳細に解析することにより，臨界温度比を低減する効果が主に導波管部分における減衰率の低下によることを明らかにした．また，局所縮小による音場の調整が，スタックにおける音波の反射と局所縮小部における反射の相互作用によることが示された．

第5章では，本論文の結論として，得られた成果と将来の課題を整理している．

以上，本論文はループ管方式熱音響原動機の導波管の局所縮小により実験的に確認されてきた効果について線形理論に基づいて検討することを通じて，これらの効果は局所縮小による反射によって生じる定在波分布の変化と，それにより自励振動の生じる臨界温度比の変化に起因することを示し，線形理論に基づいた設計が可能であることを確認した．

備考：論文要旨は、和文2000字と英文300語を1部ずつ提出するか、もしくは英文800語を1部提出してください。
Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).
注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。
Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

（論文博士）

論　文　要　旨（英文）　（300語程度）

（Summary）

報告番号	乙 第　　号	氏　名	折野 裕一郎（Yuichiro Orino）

（要　旨）

Thermally driven thermoacoustic systems have attracted attention as a potential technology for waste heat utilization. To improve the energy conversion efficiency of loop-tube-type thermoacoustic prime mover, installing a hollow circular cylinder, called a phase adjuster (PA), in a looped tube have been proposed in order to control the sound field by reducing cross-sectional area locally. It is experimentally confirmed that a PA installed at a particular position maintains a desirable one-wavelength resonance and improves the system efficiency of the heat-to-sound energy conversion. However, the mechanism of the PA is not clearly revealed, which is necessary to establish a theoretical design method of the PA. This thesis presents theoretical and experimental investigations using a linear theory of sound and thermoacoustic phenomenon in the tube, aiming to examine that the linear theory explains effects of the PA. At the first, sound propagation through a reduced cross-sectional area in the waveguide tube was investigated by sound measurements. It was shown that the analytical model using transfer matrix method based on the linear theory derives good approximations of sound propagation if the amplitude of the stationary sound is enough low. Based on this result, loop-tube-type prime movers with various PA configurations were analyzed for stability by using numerical calculation techniques. Results reveal that the critical temperature ratio, which is necessary temperature condition for steady thermoacoustic oscillation, can be significantly decreased for certain cross-section reduction ratio of the PA. Additionally, theoretical discussion indicates that the sound field distribution for oscillation modes is determined and gradually tuned by sound reflections on the PA and the stack, and resulted distribution has lower sound power dissipation rate than that of the system with no PA. These investigation results indicate applicability of the linear theory for explain and design effects of locally reduced cross-section of the PA.

備考：論文要旨は、和文2000字と英文300語を1部ずつ提出するか、もしくは英文800語を1部提出してください。
Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).
注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ（T2R2）にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。
Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).