T2R2 東京工業大学リサーチリポジトリ
Tokyo Tech Research Repository

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	自励振動ヒートパイプにおける液柱の往復振動に伴う熱輸送機構の解明
Title(English)	
著者(和文)	三浦正義
Author(English)	Masayoshi Miura
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:甲第10524号, 授与年月日:2017年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:長﨑 孝夫,堀岡 一彦,岡村 哲至,末包 哲也,肖 鋒
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10524号, Conferred date:2017/3/26, Degree Type:Course 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 (Tokyo Institute Research Repository)

（博士課程）
Doctoral Program

論 文 要 旨

THESIS SUMMARY

専攻： Department of	創造エネルギー　　専攻	申請学位（専攻分野）： Academic Degree Requested	博士　（　工学　） Doctor of
学生氏名： Student's Name	三浦正義	指導教員（主）： Academic Advisor(main)	長﨑孝夫
		指導教員（副）： Academic Advisor(sub)	

要旨（和文 2000 字程度）
Thesis Summary（approx.2000 Japanese Characters ）

本論文は，「自励振動ヒートパイプにおける液柱の往復振動に伴う熱輸送機構の解明」と題し，全 6 章から構成されている．

第 1 章「緒論」では，研究背景について述べ，本研究の目的を明らかにした．はじめに，電子機器などにおける発熱密度の増加に伴い，高性能な熱輸送デバイスが必要とされている背景について説明した．そのなかで，熱輸送デバイスの 1 つである自励振動ヒートパイプが注目されていることについて述べた．そして，自励振動ヒートパイプに関する先行研究を概観し，その性能予測手法は確立されておらず，自励振動ヒートパイプのさらなる熱輸送機構の解明が必要であることを説明した．以上を踏まえ，自励振動ヒートパイプにおける熱輸送の最も基礎的な要素である液柱の往復振動に伴う熱輸送に着目し，熱輸送機構の解明において，潜熱輸送と顕熱輸送を分離して評価することの必要性について述べ，本研究の意義と目的を示した．

第 2 章「実験装置および実験方法」では，本研究で用いた実験装置および実験方法について説明した．この実験装置は，流路内の液柱を正弦波的に振動させることにより，実際の自励振動ヒートパイプにおける熱流動現象を模擬するものである．このとき，気相を作動流体蒸気（単成分系）および大気圧空気（2 成分系）として実験を行った．単成分系では，作動流体の相変化による潜熱輸送，および流路壁と液柱の間の対流熱伝達による顕熱輸送が同時に行われ，2 成分系では，顕熱輸送のみが行われる．これら 2 つの系を比較することにより，潜熱輸送と顕熱輸送をそれぞれ分離して評価することを可能とした．

第 3 章「液柱振動による熱輸送の実験的研究」では，流路内液柱の強制振動実験から得られた結果に基づき，液柱の往復振動に伴う潜熱輸送と顕熱輸送のそれぞれを評価するとともに，液柱先端位置と相変化挙動の関係について議論した．はじめに，潜熱輸送と顕熱輸送のそれぞれに対する液柱振動振幅や振動周波数などの液柱振動条件の影響を明らかにした．つぎに，流路壁温度の時間変化測定に基づき，作動流体の相変化（蒸発・凝縮）挙動の時間変化および空間分布について検討した．また，作動流体蒸気圧力の時間変化測定から蒸気質量の時間変化を推算し，相変化挙動と液柱先端位置の関係を調べた結果，液柱先端が加熱部近傍に存在するときに，作動流体蒸気が液柱先端に凝縮するという直接接触凝縮による潜熱輸送を明らかにした．加えて，作動流体の種類が熱輸送特性に与える影響について検討した．これから，顕熱輸送における作動流体の熱物性値依存性が，ドリームパイプのそれと同様であることを明らかにした．さらに，潜熱輸送特性における作動流体の種類の差異は，作動流体の蒸発潜熱の違いにより説明できることがわかった．この結果を踏まえて，液膜蒸発に着目した熱輸送モデルを構築し，実験結果との比較により，このモデルが作動流体の相変化に伴う潜熱輸送をよく説明することを示すとともに，液膜厚さの評価が潜熱輸送量の推算において重要な役割を果たすことを明らかにした．

第 4 章「液柱振動による顕熱輸送の数値解析」では，第 3 章で議論した 2 成分系に対応する数値解析を行い，液柱の往復振動に伴う顕熱輸送の詳細について議論した．はじめに，数値解析に用いる基礎方程式および計算手法について説明した．この数値解析から得られた流路壁温度分布と実験から得られたそれを比較し，数値解析結果と実験結果において良好な一致が見られることを確認した．さらに，種々の液柱振動条件における顕熱輸送量に関して，数値解析結果と実験結果を比較した結果，加熱部に浸入する液柱長さが増加するにつれ，熱輸送量の計算結果は実験結果とよく一致することがわかった．このことから，加熱部における液柱の流路壁との直接熱交換に着目し，液柱先端に存在する先行液膜および液柱の移動に伴い生じる残留液膜が顕熱輸送に影響を与えることが示唆された．

第 5 章「液柱の往復振動により生じる液膜厚さの測定と予測式の提案」では，液柱の往復振動により流路内壁に生じる液膜の厚さを実験的に評価するともに，その実験結果に基づき，液膜厚さの予測式を提案した．はじめに，往復振動する液柱先端変位から平均液膜厚さを算出し，この液膜厚さが往復振動する液柱の平均速度を用いた平均キャピラリー数で整理できることを示した．また，先行研究で提案された予測式による液膜厚さと比較することにより，往復振動する液柱により液膜が形成される影響などについて議論した．さらに，この液膜厚さの測定結果に基づき，液膜形成の力学モデルを構築し，種々の無次元数を用いた液膜厚さの予測式を提案した．この予測式により，往復振動する液柱により形成される液膜の厚さを精度よく予測することが可能になった．

第 6 章「結論」では，本研究で得られた新たな知見をまとめるとともに，今後の研究課題について述べた．

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).

（博士課程）
Doctoral Program

論 文 要 旨

THESIS SUMMARY

専攻： Department of	創造エネルギー　専攻	申請学位（専攻分野）： Academic Degree Requested	博士　（　工学　） Doctor of
学生氏名： Student's Name	三浦正義	指導教員（主）： Academic Advisor(main)	長﨑孝夫
		指導教員（副）： Academic Advisor(sub)	

要旨（英文 300 語程度）
Thesis Summary（approx.300 English Words ）

This thesis is entitled "Study on heat-transport mechanism with liquid-column oscillation in pulsating heat pipe," and composed of six chapters.

Chapter 1 "Introduction"
In chapter 1, the motivation and objectives of this thesis are described. To clarify the detailed heat-transport mechanism of a pulsating heat pipe, the heat-transport with a liquid column oscillating in a channel was focused on.

Chapter 2 "Experimental setup and methods"
In chapter 2, the details of the experimental setup and methods are described. A liquid column was oscillated in a channel for a single-component and two-component systems. In the single-component system, the latent heat transport due to the phase change and the sensible heat transport due to the oscillating flow occurred simultaneously because the gas phase consisted of only the working-fluid vapor. In the two-component system, only sensible heat transport occurred because the gas phase consisted of air at the atmospheric pressure. The contribution of the latent and sensible heat transport in oscillating working fluid was experimentally evaluated by oscillating the liquid column in a channel having a heating and cooling sections.

Chapter 3 "Experimental study on heat transport with liquid-column oscillation"
In chapter 3, the heat transport with the liquid-column oscillation was experimentally investigated. The latent and sensible heat transport were estimated by a comparison between the single-component and two-component systems. In addition, the phase-change behavior of the working fluid was clarified according to the vapor-mass fluctuation. The results show that the liquid film formed by the oscillating liquid column plays an important role in the mechanism of the latent heat transport.

Chapter 4 "Numerical analysis of sensible heat transport with liquid-column oscillation"
In chapter 4, the detail of the sensible heat transport with the liquid-column oscillation was discussed according to the numerical results. A comparison between the numerical and experimental results indicates that the liquid film on the channel wall enhances the sensible heat transport.

Chapter 5 "Measurement of liquid-film thickness formed with liquid-column oscillation and proposal of correlations for liquid-film thickness"
In chapter 5, the liquid-film thickness formed with the liquid-column oscillation was experimentally estimated and the empirical correlations for the liquid-film thickness were proposed. The liquid-film thickness was estimated according to the displacement of the tip of the oscillating liquid column.

Chapter 6 "Concluding remarks"
In chapter 6, the findings obtained in the above chapters are summarized and the future works are mentioned.

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).