

【補助事業概要の広報資料】

補助事業番号 27-108

補助事業名 平成27年度 曲がり管内振動流を用いたフレキシブル高性能熱輸送管の開発補助事業

補助事業者名 千葉大学 熱流体エネルギー学研究室 田中 学

1 研究の概要

小型・高性能化を続ける現在の電子機器においては発熱密度が著しく上昇しており、既存のヒートパイプに代わる次世代冷却技術の開発が急務となっている。熱設計における冷却技術の制約を解消し、革新的技術・製品の創出を実現するために、曲がり管内の振動流に着目した。振動流の周期と管断面内二次流れの周期を一致させることにより生じる特異な流れの運動学的非可逆性（対流レゾナンス）を利用した、高性能熱輸送管を開発した。

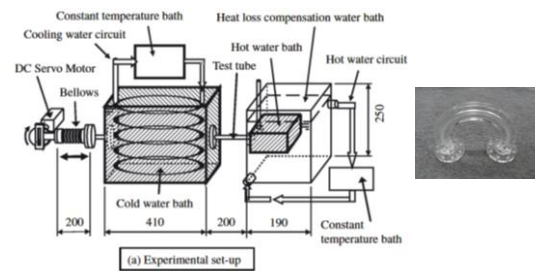
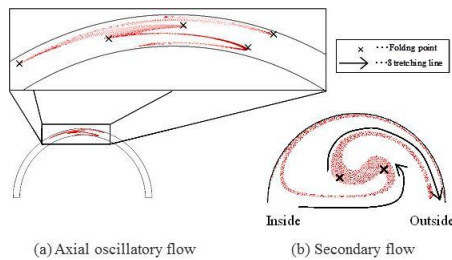
2 研究の目的と背景

曲がり管内振動流の数値シミュレーションにより対流レゾナンスの発生条件を明らかにするとともに、対流レゾナンスの発生条件下で動作可能な熱輸送管を試作して熱輸送特性を検証することを目的とする。本研究では、生物模倣（バイオミメティクス）の方法論により、ゾウの長い鼻を介した呼吸往復流による巧みなガス運搬を模倣して、曲がり管内振動流に着目した。

3 研究内容

(1) 曲がり管型高性能熱輸送管の開発 (<http://www.em.eng.chiba-u.jp/~tanaka/research.html>)

対流レゾナンスを積極的に利用して熱輸送性能を飛躍的に向上させる技術を確立するために、水を満たした曲がり管内振動流の数値シミュレーションを、熱輸送管の長さや曲率、振動流の周波数をパラメータとして実施した。数値シミュレーションの結果から、振動流によって生じる流体粒子の分散運動を可視化し、対流レゾナンスの発生条件及びメカニズムを明らかにした。対流レゾナンスにより流れの運動学的非可逆性が現れると、流体粒子群の引き伸ばしと折りたたみが繰り返し発生してカオス混合が誘起されることから、対流レゾナンスの発生条件を流体粒子間距離の指数的発散を表すリアプノフ指数の正負により判定した。対流レゾナンスの発生条件下で動作可能な熱輸送管を試作し、熱輸送特性を検証するための熱輸送実験を実施した。



曲がり管内振動流によるカオス混合

熱輸送実験装置

4 本研究が実社会にどう活かされるか一展望

既存のヒートパイプの熱輸送限界を打ち破る次世代冷却技術の開発は、ものづくりの熱設計プロセスにブレークスルーをもたらし、電子機器等の小型化・高性能化に活かされる。熱設計における冷却技術の制約が解消されれば、CPUの発熱密度の上昇によりマルチコアプロセッサへの供給電力を制限せざるを得ない状況を回避することが可能となる。また、現在我々が直面しているエネルギー問題において熱は輸送が困難であるという常識を覆すことが出来れば、次世代の省エネルギー技術・機器開発に大きなイノベーションをもたらす。

本研究は生物の構造や機能を機械工学により解明しようとする試みでもあり、今後は生物学と機械工学にまたがる新しい学術領域の創出に展開される。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

これまで、地球環境を悪化させることなく豊かで快適な生活を維持するために不可欠なエネルギー源の多様化と最適化を実現することを目的として、エネルギーの供給・リサイクル・利用・変換に関わる熱・流体工学の教育研究を行ってきた。今回研究は、生物模倣（バイオミメティクス）の方法論により高性能熱輸送管の開発を目指した試みであり、新しい生物学・機械工学を切り開いていく方法論を提案するものである。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

【発表論文等】

- (1) 日下秀之, 湯口成一郎, 田中学, 曲がり管内振動流に発生するカオス混合の可視化, 可視化情報学会論文集, Vol. 35, No. 10, pp. 29-35, 2015.

【学会発表】

- (1) H. Kusaka, S. Yuguchi, G. Tanaka, Visualization of chaotic mixing induced by oscillatory flow in a curved tube, 日本機械学会第23回原子力工学国際会議, 2015年5月20日, 千葉市
- (2) 日下秀之, 大和田優, 田中学, 曲がり管内振動流による混合のエントロピー特性, 日本機械学会第20回動力・エネルギー技術シンポジウム, 2015年6月18日, 仙台市

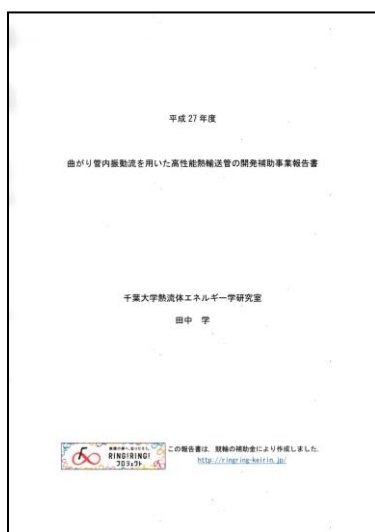
- (3) 稲垣友梨, 湯口成一郎, 田中学, 溝付管を利用したマイクロ振動型熱輸送管の研究,
日本機械学会2015年度年次大会, 2015年9月14日, 札幌市

7 補助事業に係る成果物

(1) 補助事業により作成したもの

曲がり管内振動流を用いた高性能熱輸送管の開発補助事業報告書

(<http://www.em.eng.chiba-u.jp/~tanaka/research.html>)



目次	
第1章 緒言	-1-
1.1 背景	-1-
1.2 振動流による熱輸送のメカニズム	-1-
1.3 従来の研究	-3-
1.4 本研究の目的	-7-
第2章 実験装置・実験方法及び数値解析手法	-8-
2.1 熱輸送実験	-8-
2.2 数値解析	-22-
第3章 結果および考察	-29-
3.1 熱輸送特性	-29-
3.2 流れの可視化	-40-
第4章 結言	-50-
参考文献	-51-
謝辞	-53-

- (2) (1) 以外で当事業において作成したもの
該当なし

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名: 千葉大学大学院工学研究科

(チバダイガクダイガクインコウガクケンキュウカ)

住所: 〒263-8522

千葉市稲毛区弥生町1-33

申請者: 教授 田中学 (タナカ ガク)

担当部署: 熱流体エネルギー学研究室

(ネツリュウタイエネルギーガクケンキュウシツ)

E-mail: gstanaka@faculty.chiba-u.jp

URL: <http://www.em.eng.chiba-u.jp/~tanaka/>