

伝 熱

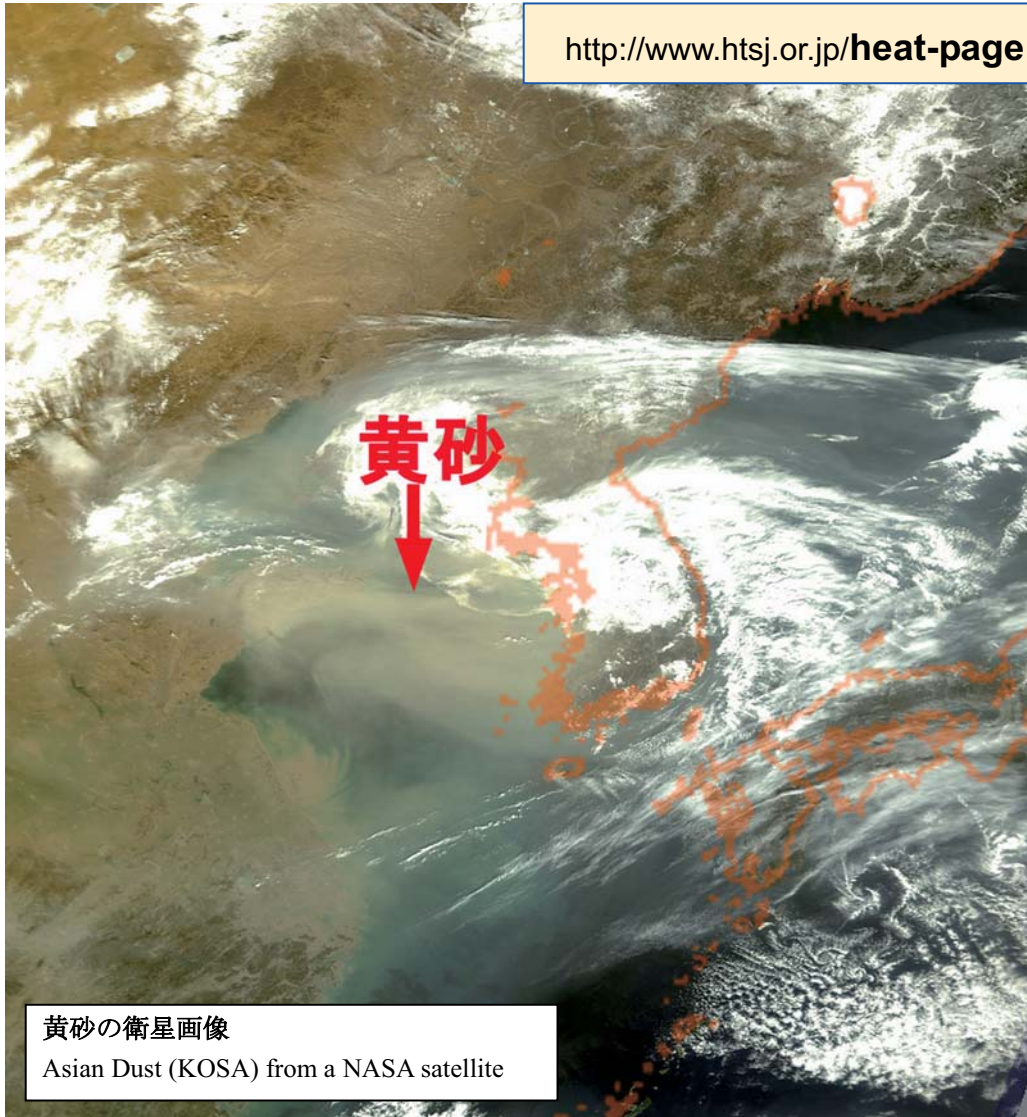
Journal of the Heat Transfer Society of Japan

ISSN 1344-8692 Vol. 47, No. 199
2008. 4

HSTJ

◆特集：電子機器の冷却◆

<http://www.htsj.or.jp/heat-page.html>



黄砂の衛星画像

Asian Dust (KOSA) from a NASA satellite

布田 光彦 (宇宙航空研究開発機構)

Mitsuhiko Fuda (Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA))

e-mail: fuda.mitsuhiko@jaxa.jp

今年 (2008 年) 初めての黄砂が 3 月 2 日夜半から 3 日にかけて日本で観測されました。西日本を中心に観測され、東北南部などにも広がったようです。東京でも昼頃から空がかすみ、視程 (見通しの利く距離) が 8km ほどとなりました。黄砂は中国の沙漠域や荒れた農地などで巻き上げられた砂が偏西風に乗って飛来してくる現象です。また、中国の工業地帯を通過する際に、大気汚染物質 (硫黄酸化物、窒素酸化物、水銀などの重金属など) を吸着し、汚染物質も一緒に運び込まれてきますので健康上への影響も危惧されています。

上図はアメリカ航空宇宙局 (NASA) の Terra 衛星で MODIS というセンサーを用いて取得した 3 月 2 日の簡易大気補正済み輝度 (RcRefl) 画像です。R/G/B をバンド 1/4/3 に割り当て人間の目で見た様子とほぼ同じ色合いで表示されています。

29 日にはゴビ沙漠南部・内モンゴル高原 (北緯 42° あたり、東経 105° ~110° あたり) で黄塵が舞い上がっている様子も観測されています。

伝 熱

目 次

〈特集：電子機器の冷却〉

電力・情報・通信デバイスの冷却技術	西尾茂文（東京大学）	1
電子機器の自然空冷における能力向上技術	石塚 勝（富山県立大学）	5
ロータス型ポーラス銅を使用した高性能ヒートシンクの開発 千葉 博（三菱電機）大串哲朗（広島国際大学）中嶋英雄（大阪大学）		11
民生用電子機器の最近の冷却技術トレンド 近藤義広，星野正和，藤本貴行，磯島宣之（日立 機械研）		16

〈プロジェクトQ〉

CAMUI 型ハイブリッドロケットの開発 ―異常燃焼の発生とその克服― 永田晴紀（北海道大学）		23
--	--	----

〈Heart Transfer〉

『長生き』が地球を滅ぼす―現代人の時間とエネルギー― を読んで 長谷川達也（名古屋大学）		30
Andrew Parker 著「眼の誕生」	加賀邦彦（三菱電機）	32

〈巻頭グラビア：heat-page〉

黄砂の衛星画像	布田光彦（宇宙航空研究開発機構）	表紙裏
---------------	------------------------	-----

〈行事カレンダー〉

〈お知らせ〉

第 45 回日本伝熱シンポジウムのご案内		35
第 57 回理論応用力学講演会		57
事務局からの連絡		58
編集出版部会ノート		64

CONTENTS

<Special Issue:>

Cooling Technology for Power, Information and Communication Devices
Shigefumi NISHIO (University of Tokyo) 1

Enhancing Techniques of Natural Air Cooling Capability of Electronic Equipment
Masaru ISHIZUKA (Toyama Prefectural University) 5

Development of High-Performance Heat Sink with use of Lotus-type Porous Copper
Hiroshi CHIBA (MELCO), Tetsuro OGUSHI (Hiroshima Int. Univ.),
Hideo NAKAJIMA (Osaka Univ.) 11

Recent Trend of Cooling Technologies for Public Electronic Equipments
Yoshihiro KONDO, Masakazu HOSHINO,
Takayuki FUJIMOTO and Nobuyuki ISOSHIMA (Hitachi, MERL) 16

<Project Q>

Development of CAMUI Hybrid Rocket -How we overcame the anomalous combustion-
Harunori NAGATA (Hokkaido University) 23

<Heart Transfer>

Review of a book about “time” and “energy” of a man of today
Tatsuya HASEGAWA (Nagoya University) 30

In the Blink of an Eye
Kunihiko KAGA (Mitsubishi Electric Corporation) 32

<Opening-page Gravure: heat-page>

Asian Dust (KOSA) from a NASA satellite
Mitsuhiko FUDA (Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA) Opening Page

<Calendar> 33

<Announcements> 35

電力・情報・通信デバイスの冷却技術

*Cooling Technology for Power, Information and
Communication Devices*

西尾 茂文 (東京大学)

Shigefumi NISHIO (University of Tokyo)

e-mail: nishios@iis.u-tokyo.ac.jp

1. はじめに

筆者は、電子素子の冷却技術の基礎については文献[1]で、電子素子の一般的冷却システムとしての統合熱管理システムについては文献[2]で、統合熱管理システムの要素を構成するマイクロ熱システムについては文献[3]で、それぞれ考え方などを紹介してきた。

一方、私事になるが、大学の運営に携わるようになり早くも6年が経過しようとしている。初めの3年は研究者との二足の草鞋であったが、最近の3年は研究活動の中断を余儀なくされており、研究者としての私の時計はほぼ3年前で止まっている。弁解するつもりは全くないが、原稿の出来栄を真面目に心配しながら、執筆依頼の話を、尊敬する先輩である門出正則先生(佐賀大学)より承った。

本稿では、上記の文献[1]~[3]との重複を避けながら、電子素子の冷却技術について、産学連携の在り方と電子素子の冷却技術に要求される特性について最近考えていることを中心に纏めることとした。

2. 冷却技術に関する過去の経緯から学ぶこと

2.1 ニーズの伝来から革新的技術の提案まで

いただいた課題は、「電子機器の冷却に関する展望記事」である。電子機器とは、現在のところ「電力・情報・通信分野で使用される、大規模集積回路LSIやレーザーダイオードLDなどを中心として構成された機器」を指すと考えてよいと思う。以下では、これらを纏めて「電子機器」と呼ぶ。電子機器については、照明用のLEDのプラズマ製造や記憶メディア製造における熱インプリント法など製造時の熱的課題も多く存在するが、本稿では機器の冷却に話題を限定する。

私が「電子機器の冷却」という伝熱分野を気にし始めたのは、第1回の日米熱工学合同会議のこ

ろに中山恒先生のお話を伺ったのが契機であった。今から25年程前のことであり、スーパーコンピュータの冷却技術が開発課題となっていた。恐らくインバータなどパワー素子が直接空冷から絶縁性液体による浸漬冷却へと移行し、冷却能力が「革命的」に向上した後の時代であったと思う。

しかし今に比べると冷却機器体積に対する制限は弱かったので、この分野における伝熱の専門家が少ない中で、伝熱学的知見が冷却という観点から整理され、浸漬冷却、液膜流冷却あるいは沸騰冷却など既存現象を如何に冷却装置として組み上げるかが課題であったように思う。伝熱学的知見を冷却という観点から整理するとは、例えば次のようなことである。核沸騰は、蒸気生成を目的とする立場からは過熱度に対して熱伝達率が急速に向上する領域であるが、冷却を目的とする立場からは冷却負荷が変動しても温度変動を小さく抑えられる領域である。このように、同じ核沸騰といっても見方によって特徴が異なる。既存現象を冷却装置として組み上げるとは、例えばIBMの伝導冷却モジュール[4]などを指している。電子機器の冷却技術の必要性が伝熱分野に伝来し、既存知識の組織化が行われた段階であったと思われる。

その後、例えばスーパーコンピュータの性能向上により熱負荷が増大し、沸騰冷却でも、如何に限界熱流束を引き上げるかあるいは如何に小過熱度で安定に発泡させるかなど、学術的課題への挑戦が必要となった。いわば、既存知識の応用段階から、既存現象の枠は出ないものの現象理解の高度化が求められる段階が始まった。この時期には、冷却面(沸騰面)表面に様々な構造を付加することにより限界熱流束が如何に向上するかなどが検討された[5]。

最近では、発熱密度がさらに増大する他方で冷却装置の超小型化への要求が高まり、従来にない新たな冷却技術の開発が求められる革新段階が到

来している。例えば、放熱系に関する計算流体力学によるアプローチ[6]に加えて、マイクロ熱輸送デバイスを含む機能性マイクロチャネル[3]あるいはマイクロ・ミニチュア冷凍デバイス MMR[7]などを要素とするマイクロ熱システム MTS の創出などが求められている。

2.2 時代の先頭に立つには

さて、筆者は、伝熱学の中核技術分野は、エネルギーと熱管理であると思っている。前者では、オイルショック当時ほどではないが、現在でも熱工学が技術設計の上流においてコントロールタワー的存在である。後者では、設計の比較的下流側にいるのが常であり、我々は伝熱に対するニーズ把握が重要となるリベロ（あるいはスイーパー）的存在である。電子機器の冷却技術とほぼ同じ頃に、伊藤猛宏先生が先導された「超電導磁石の冷却技術」あるいは棚沢一郎先生が先導された「素材製造における熱工学」など、リベロ的存在に立った研究領域が立ち上がったが、これらにも共通するという意味で、電子素子の冷却技術が経験した三段階、即ち「知の組織化」段階、「知の高度化」段階、「知の革新」段階の意味は大きいと考える。

私の在籍している大学執行部の標語は、「時代の先頭に立ち、知の頂点を目指す」である。「時代の先頭に立ち」とは、社会と隔絶した「象牙の塔」（芸術至上主義に類した学問至上主義）ではなく社会を先導する「啓行」を重視することを意味する。伝熱分野は成熟した学問分野であるから、もはや「時代の先頭に立つ」ことは「夢のまた夢」であるという人がいるが、そうであろうか？ 問題は、リベロ的存在として、時代の要求を如何に先取りして「知の組織化」段階から「知の革新」段階に駆け上り、時代を先導できるかという点にかかっているのだと思う。

私は、上述のマイクロ熱システムに関する学術的研究は時代の先頭に立つ課題の一つであると思っている（但し、「マイクロ」や「ナノ」という言葉をもう少し丁寧に使うべきだとは思うが[3]）。しかし、我々は上述の「知の組織化」段階から「知の革新」段階に至る段階を意識しているだろうか。

電子素子の冷却技術に関する歴史を、この観点からやや批判的に見てみよう。まず「知の組織化」段階では、電子素子の冷却技術は重要な課題でありながら、この分野における我が国の研究者人口

は思ったほどには膨れ上がらなかったように思う。これを教訓的に見れば、学界（学会ではない）構成員が「伝熱技術」より「伝熱現象」に熱中しすぎていたせいではないかと考えてしまう。電子素子からの発熱量は何により決まるのか、電子素子の動作温度の上限は何により決まっているのか、電子素子の発熱密度の上昇傾向はどの程度かなど、技術上重要となる基本事項が学界内部で十分に消化されたであろうか。例えば、今日の研究課題である低消費電力 LSI あるいは（発熱量が極端に小さくなる）量子ドットレーザーなどについて我々はどうのような態度をとるのであるだろうか。

すなわち、「冷却技術における伝熱専門家」といったリベロ的存在にとってまず重要なことは、当然のことではあるが、伝熱現象にとどまらず実技術へと結実させるために、伝熱領域から出て他の学術領域において冷却が必要となる基本事項（対象技術における熱発生機構、熱的制約、冷却効果など）を消化すること、即ち「学術領域間の水平方向連携」への努力ではなからうか。

次に「知の高度化」段階では、既存現象を扱いながらその高度化が必要となるが、主だった展開はスタッド型沸騰冷却器[5]など企業により主導されたように思う。ここでは、学界側の伝熱現象への興味が技術開発の駆動力となり得たはずであるが、学界側を大規模には動員できなかったように思う。個人的判断としては、発熱動向に関するロードマップ公開の遅れなど、産業界側にも課題があったと思うが、学界側にも「伝熱現象の本質」を捉えた議論が欠如しているように思ったことを記憶している。例えば、冷媒の沸騰によりデバイスを効果的に冷却するには、オフ状態でデバイスが経験するサブクール状態でも既存気泡核が生き残る必要がある。こうしたキャビティはいかなるキャビティかなどの問題は相変化現象における基本事項であるにもかかわらず、大きな議論にならなかったように思う。この問題をきっかけとして、例えば既存気泡核に関する普遍的理解を深めるべきではなかったかと感じている。

一方、電子素子の冷却技術にかかわらず、リベロ的存在に立つ領域においては、対象技術のロードマップ公開の遅れなどの問題は、ある意味で断食状態を意味することになる。産学連携における基本は、異なるベクトルを有する両者が連携する

ことである。異なるベクトルとは、個別事象群から普遍的な理解への道を指向する学界側の普遍化ベクトルと、普遍的な理解から個性的な事象（製品）を生み出す企業側の個性化ベクトルとである。連携には、両者の情報提供に関する許容力と提供情報の消化力が不可欠である。

3. 電子素子の冷却技術が満たすべき条件

3.1 超高熱伝達率冷却技術と高性能熱拡散薄板

冷却技術では一般に、冷却負荷あるいは熱負荷が大きくなると冷媒との温度差が大きくなるを得ない。例えば、大陸間弾道弾が大気中に再突入するときの空力加熱による熱負荷は $10^3\text{W}/\text{cm}^2$ 程度であり、弾道弾の表面温度は 3500K 程度となるという。ロケットノズルのスロート部では $500\text{W}/\text{cm}^2$ で $2,800\text{K}$ 程度、スペースシャトルなどでは $30\text{W}/\text{cm}^2$ で 1500K 程度となるようである。軽水炉炉心では、 $50\text{W}/\text{cm}^2$ 程度で燃料棒表面温度は 600K 程度であろう。

一方、今対象としている電子機器、すなわち IGBT を代表とするパワー機器、VLSI を代表例とする情報機器、LD を代表とする通信機器などでは、発熱密度は、例えば低い方では現状の IGBT で $30\text{W}/\text{cm}^2$ 程度、高い方では光ファイバー用の LD で近い将来 $1,000\text{W}/\text{cm}^2$ 程度に達するという。この発熱密度は、軽水炉炉心における上述の値以上の高熱負荷である。その上に、電子機器の冷却では、常温近くでの冷却が必要であり電子機器と冷媒（空気など）との温度差が大きくとれない。

高密度熱負荷を小温度差で処理する必要性は、低消費電力 LSI あるいは量子ドットレーザーなどの登場によりかなり変わると推測されるが、これらの広範囲な実用化には未だ時間を要すると考えられる。すなわち、超高熱伝達率冷却が依然として重要である。

超高熱伝達率冷却の代表例は、超薄液膜冷却であり、工夫によっては蒸発限界に近い超高熱伝達率が得られる可能性がある。蒸発係数を 1 とした場合の大気圧水の蒸発限界熱流束は $20\text{kW}/\text{cm}^2$ 程度である。しかし、水の蒸発係数が 1 よりかなり小さいことを考えると、 $1\text{kW}/\text{cm}^2$ 程度を超える発熱密度への対応は、大気圧における冷却を条件とすればそろそろ限界に近いと考える必要があろう。とすれば、vapor chamber[8]など相変化を利用して、

厚さおよび幅方向の実効熱拡散係数を銅のそれより十分に大きくし、発熱量が拡大冷却面側に有効に拡散する高性能熱拡散薄板の開発が重要となっている。

3.2 スポット冷却技術

このように、これまでの電子素子の冷却技術では、如何に高密度の発生熱量を処理するかが主な課題であり、発熱面を平均的に冷却する方法がとられてきた。しかし、PC を中心として、チップ内の発熱密度が面内で大きく分布し、またその発熱密度の空間分布が時間的に変動するものが出てきている。

また、面発光レーザー VCSEL では、発振波長が温度依存性を有するため、発振波長が変化しないよう個々の LD の温度管理が重要である。即ち、アレイ化された LD に対応した微細な部分ごとに、温度制御を行う冷却技術が必要となりつつある。

これらに対しては、発熱密度の空間分布、変動の時空間スケールなどにより、選ぶべき冷却技術が異なる。例えば、発熱密度の変動量は大きい、時間スケールは比較的長く、移動空間スケールは比較的小さいとすれば、上述の熱拡散薄板などにより面平均冷却の適応が可能であろう。しかし、時間スケールが比較的短い場合には、熱拡散薄板による拡散が追い付かず、電子素子あるいは電子機器温度が大きく変動してしまう可能性がある。この問題は、特に発振波長の温度依存性を制御する必要のある VCSEL などでは重要な課題となる。

3.3 マイクロ・サーマル・アンカー

発熱部に冷却面積あるいは冷却空間が十分に確保できない場合も多く、この場合には発生熱を離れた冷却装置にまで有効に輸送する必要がある。いわゆる熱輸送デバイスが必要となる。熱輸送デバイスには、既存のものとして、循環型熱交換システム、毛管力型ヒートパイプ、振動流型ヒートパイプなどがある。

但し、循環型熱交換システムには、ポンプを要すること、還流部分を要することなどの欠点がある。前者は騒音源となり、前者・後者とも余分な体積を要することを意味する。ポンプを要さず、また還流部分も不要な毛管力型ヒートパイプには、細径化すると熱輸送限界が急減する課題がある。細径化に適しているといわれている振動流型ヒートパイプ[2]については、性能予測モデルが構築され

ていない。このような課題はあるが、接触抵抗の有効な低減法がない熱伝導の世界では、細径振動流型ヒートパイプの実効熱伝導率はすでに十分に高くなっていると考えられる。すなわち、現段階において必要とされている技術は、例えば熱輸送デバイスと発熱部とを有効に結合する熱抵抗軽減法であろう。

一方、電子素子構造の立体化に伴い、内部で発生する熱を表面にまで引き出す高性能マイクロ・サーマル・アンカーなどが必要となっている。マイクロと形容詞を付したのは、引き出す距離の典型寸法はサブミリ程度の距離であり、従来の熱輸送デバイスの長さより大幅に短い距離であるからである。これを解決する例として、微細流路における JT 膨張を利用した、マイクロ・ミニチュア冷凍機 MMR[7]の応用が考えられるかもしれない。

3.4 統合熱管理システム

以上、現代の電子機器の冷却技術は、様々な配慮を必要としている。概念的にいえば、以下のような階層的検討が必要である。まず最上位階層として、発熱密度の小さな LSI や LD などの開発が挙げられる。いわゆる Low Power LSI などである。次の階層では、発生熱を熱電素子などで再電力化し、冷却負荷を軽減することを検討する。第三階層では、拡大冷却面、熱輸送デバイス、スポット・クーラー、冷媒クーラー（冷媒の入り口温度を下げる）などの要素の利用を検討する。最後の階層では、数値流体力学 CFD を用いて全体の最適化を図る。こうした階層的検討を経たシステムを、統合熱管理システムと呼ぶ[2]。

4. おわりに

はじめに記したように、筆者の研究者としての時計は3年ほど前に止まっており、体内時計のみで筆を進めてきた。学術領域の水平方向連携や産

学連携における双方向ベクトルなどの話は、時代を超えて議論できるものと思っているが、高性能熱拡散薄板、スポット冷却、高性能マイクロ・サーマル・アンカーなどの例示については、この3年間で少なからぬ進展があったものと思う。本稿が、少しでも的を射た内容であることを希求したい。

参考文献

- [1] 西尾茂文, 電子デバイスの空冷技術の基礎と応用, 熱技術対策ガイドブック(2000年度版), (日本能率協会), (2000)14.
- [2] 西尾茂文, 電子・通信機器の統合熱管理システム, ヒートパイプ技術, 28-1(2005.1)10.
- [3] 西尾茂文, マイクロ熱システムの内包, 日本機械学会論文集 (B編), 69-679(2003)535.
- [4] Chu, R.C. et al., Conduction Cooling for an LSI Package: One-Dimensional Approach, IBM J. Res. Dev., 26-1(1982)45.
- [5] 中島忠克ほか3名, 微細面構造を用いた高熱流束沸騰放熱フィンに関する研究(第3報; 多孔質スタッドの形状がバーンアウト性能に及ぼす影響), 第23回日本伝熱シンポジウム論集, (1986)169.
- [6] 石塚勝, 電子機器の熱設計に CFD 解析を応用するためのベンチマークデータの取得, 日本機械学会熱工学コンファレンス2007講演論文集, (2007)67.
- [7] 西尾茂文・岩上健・白樫了・三田信, マイクロ・ミニチュア JT クーラーに関する研究, 低温工学, 38-12(2003)680.
- [8] Take, K. and Webb, R.L., Thermal Performance of Integrated Plate Heat Pipe with a Heat Spreader, Adv. Electronic Packaging-1999, EEP-26-2 (1999)2113.

電子機器の自然空冷における能力向上技術

Enhancing Techniques of Natural Air Cooling Capability of Electronic Equipment

石塚 勝 (富山県立大学)

Masaru ISHIZUKA (Toyama Prefectural University)

e-mail:ishizuka@pu-toyama.ac.jp

1. はじめに

電子機器の大半は空冷であるが、その空冷設計には、単に過度温度対策のほかに、電磁波対策や騒音対策を考慮する設計が重要になっている。とくに騒音対策ではその騒音源が冷却ファンであることが多い[1]。そのため冷却ファンを必要としない自然空冷の放熱設計が見直されている[2-4]。小型化が進んでいる現在でも、ファンを排除するためにわざと筐体を大きくして自然空冷にするケースもある。しかし、自然空冷の冷却能力は強制空冷に比べるとかなり小さい。小型化が進む電子機器では大型のヒートシンクを装着させて放熱面積をかせぐ方法に期待がもてないため、自然空冷の能力向上の関する技術開発は古くて新しい研究テーマになりつつある。ここでは、煙突効果そのものを増進させる技術と自然空冷を基調にしながら、一時的なデバイスの高発熱を蓄熱技術でしのぐ技術開発について紹介する[5]。

2. 煙突効果を増加させる技術

2.1 薄型筐体の煙突効果の増加

自然空冷能力を向上させる技術には、煙突効果を増加させる技術やチャンネル内の流体の流体振動を応用する技術などがあるが、ここでは前者を紹介する。

たとえば、ノートブック PC のように薄型筐体の場合は、煙突高さはほとんど 0 である。そこで、薄型筐体を傾けて、煙突高さを増加させる試みがある。図 1 のような筐体を傾ける実験装置によって、内部に基板の上に銅ヒータを搭載した薄型筐体を傾けると、図 2 のような内部温度上昇結果が得られる。ここで、 β は上面出口部の開口比で、図の上からヒータ表面温度上昇, 最大空気温度上昇, 平均温度上昇を示すが、白丸が穴のあけ方(a)での結果で、黒三角が(b)での結果である。これによると、穴のあけ方(b)

では 30W で 20 度筐体を傾けると、傾けないときに比べ平均温度上昇が 5°C 以上低下することがわかる。

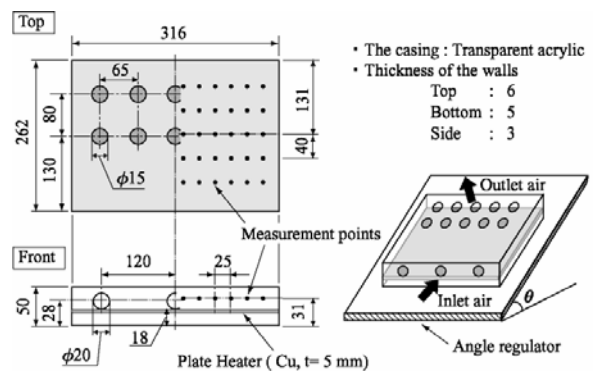


Fig. 1 Experimental equipment

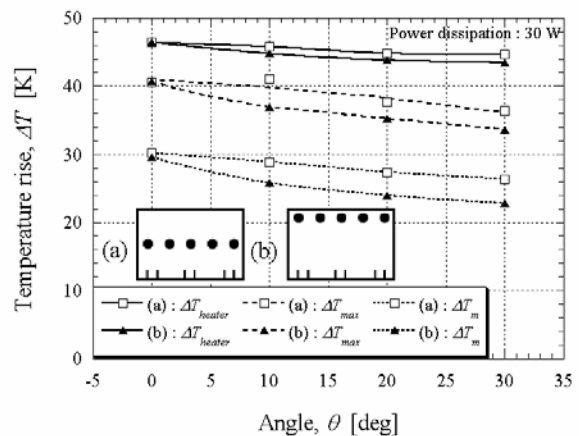


Fig. 2. Effect of outlet configuration and inclination on the temperature rise $\beta = 0.011$, 30 W

2.2 結果の無次元整理

ここで得た実験は、ヒータ形状、穴の位置、開口比、空気温度上昇などの影響を受ける。

そこで、異なる筐体サイズやヒータ、さらに

は傾斜を含めた測定データの無次元による整理法が提案されている。一般的には自然対流に関する測定データを無次元で整理する場合、流体と固体壁間における熱伝達の強さの関係を表すヌセルト数 Nu と、自然対流を特色付ける流体に働く浮力の安定性を示すレイリ数 Ra により整理されているが、このように筐体の傾斜を含めた場合の整理には注意を要する。

一般にヌセルト数 Nu とレイリ数 Ra は下記のように定義されている。

$$Nu = \frac{\alpha \cdot L}{\lambda} \quad (1)$$

$$Ra = Gr \cdot Pr = \frac{L^3 \cdot g \cdot \beta \cdot \Delta T}{\nu^2} \cdot Pr \quad (2)$$

そして、上の2式の中に傾斜を組み込む場合、代表長さ L の設定が重要である。一般的に代表長さは次のように定義される。

$$\frac{1}{L} = \frac{1}{\text{vertical dimension}} + \frac{1}{\text{horizontal dimension}} \quad (3)$$

この代表長さに、傾斜による煙突高さ、筐体サイズやヒータ種類の影響を組み込めれば良い。ここで、筐体が傾くことで生じる煙突効果の空気循環量を増加させる駆動力は筐体やヒータ、およびそれらの上部と下部の体積が大きく関係すると仮定し、さらに、煙突高さやヒータサイズについても考慮すると、式(3)を修正して、次のような修正代表長さ L^* を定義する。

$0^\circ < \beta < 90^\circ$ の場合：

$$\begin{aligned} \frac{1}{L^*} &= \frac{V_{heater}}{V_{casing}} \cdot \left(\frac{1}{\text{Horizontal dimension}} + \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{\text{Vertical dimension}} \right) \\ &= \frac{V_{heater}}{V_{casing}} \cdot \left(\frac{1}{W_{heater} + L_{heater} \cdot \cos\theta} + \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{L_{heater} \cdot \sin\theta} \right) \end{aligned} \quad (4)$$

まず、上式のヒータと筐体の体積比は筐体サイズと煙突効果に対する考えをとり入れたものである。括弧内の第二項は傾くことによ

る煙突高さが増加することを考慮したものである。この第二項の係数である $1/2$ は、図3に見られるように、筐体が傾くことによってヒータ下の部分の体積が傾かない時と比べて足しあわされる部分を表現しており、この部分の体積は煙突高さの部分に大きく関わっていると考えている。詳しく言うと、筐体が傾くとヒータ下の体積は、煙突高さが増加する半分の駆動力が足しあわされることになる。よって、煙突高さを表現している項に煙突高さによって増加した傾斜による駆動力の増加分を表現した。

しかし、この式(4)からわかるように傾斜角が 0° と 90° の場合は括弧内のどちらかが無限大になってしまい、値を出すことができなくなる。従って、式(4)に関しては $0^\circ < \beta < 90^\circ$ の範囲に適用することになり、 0° と 90° の場合には後述するような代表長さの考えが必要となってくる。そこで別の修正、式(4)を元にして傾斜角 0° と 90° の場合について考える。まず、傾斜角 0° については傾きによる煙突高さが無いことを考慮に入れると、括弧内の第二項の $1/2$ は不必要になり、この場合での高さ方向の次元はヒータの高さから筐体上面までの高さ h_0 になる。そして、鉛直下向きに筐体をみると傾斜角 0° における修正代表長さは次のように変化する。

$\beta = 0^\circ$ の場合：

$$\frac{1}{L^*} = \frac{V_{heater}}{V_{casing}} \cdot \left(\frac{1}{W_{heater} + L_{heater}} + \frac{1}{h_0} \right) \quad (5)$$

次に傾斜角 90° においても、似たような考え方をする。まず、鉛直下向きに見たヒータの水平面での次元は横の長さ W_{heater} と厚さの長さ t_{heater} となる。そして、煙突高さを表す高さの次元はヒータの縦の長さ L となる。しかし、ヒータの縦の長さ L_{heater} は本当の意味での煙突高さを表しておらず、そのまま括弧内の第二項の $1/2$ は残しておくことにする。よって、傾斜角 90° の修正代表長さは次のように考える。

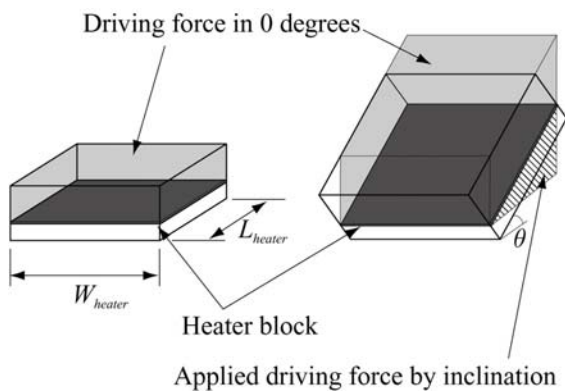


Fig.3 Driving force model of the chimney effect with inclination

$\beta = 90^\circ$ の場合：

$$\frac{1}{L^*} = \frac{V_{heater}}{V_{casing}} \cdot \left(\frac{1}{W_{heater} + t_{heater}} + \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{L_{heater}} \right) \quad (6)$$

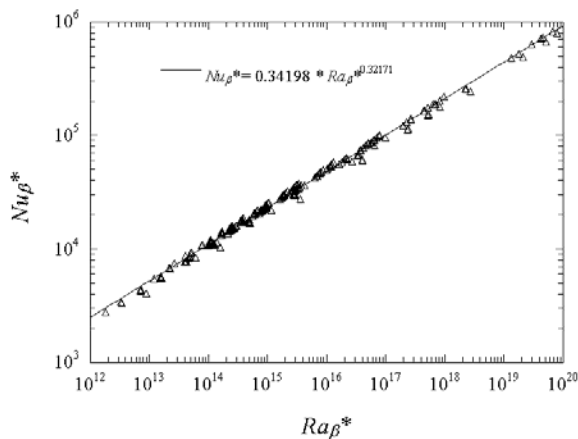


Fig.4 Relationship between Ra_{β}^* and Nu_{β}^*

以上の修正代表長さ L^* を使用した，修正レイリ数 Ra^* と修正ヌッセルト数 Nu^* で測定データを整理すると図 4 のようになる．この図を見ると測定データが比較的良く直線上にのっていることがわかる．この直線は $Nu^* = 0.0038 \cdot Ra^{*0.6}$ となり，この直線から測定データの誤差は +28 % ~ -24 % の範囲で収まっていることがわかる．この誤差の原因については実験データの誤差や整理法の不十分さなど考えられるが，実用的な傾向を知るには十分だと考えられる．

3. 相変化材を用いて自然空冷技術

3.1 低融点合金の選定

ロボット動作などで，制御機器からの一時的な高発熱に対応するため相変化材を用いて一時的に蓄熱技術を用いて機器の冷却に使用する試みがあるが[6-14]，ワックス系の蓄熱材を用いるとその熱伝導率が低いため，本来のデバイスの温度を下げるという冷却効果が少ないのが現状である．そこで，熱伝導率の比較的高い低融点合金を用いる動きがある．今回は融点が 57°C Bi/Pb/Sn/In 合金を用いた例を紹介する[15]．

Table1 Property of the alloy and the substrate

Material Characteristics	Bi/Pb/Sn/In alloy		Substrate
	In solid state	In liquid state	Al_2O_3
Material density [kg/m^3]	9.06×10^3	8.22×10^3	3.6×10^3
Specific heat [J/kgK]	323	721	879
Thermal conductivity [$\text{w}/\text{m}^\circ\text{C}$]	33.2	10.6	16.7
Melting point [K]	330		
Heat of fusion [kJ/kg]	29.5		
Thickness [mm]	2.75		1.5

ここで，Bi/Pb/Sn/In 合金の体積は，固体から液体に変化することにより 1.125 倍になっている．

3.2 サンプルパッケージの試作と実験

図 5 に合金がない場合(a)と合金を基板裏面につけたパッケージ(b)の図を示す．アルミナセラミック基板の寸法は， $50.8\text{mm} \times 76.2\text{mm} \times 1.5\text{mm}$ (厚さ) で，(b)でコパルシエルの高さは表面および裏面から双方とも 3mm である．よって基板裏面のコパルシエル内に封入されている低融点合金の容積は約 7.2cm^3 であった．

温度測定は図 6 に示すように表面と裏面をそれぞれ K 型熱電対で 5 点ずつ測定した．温度上昇は電圧が基板上面に蒸着された発熱低抗体に印加されるやいなや，各々のタイプのサンプルの表面および裏面の過渡温度上昇を測定した．温度上昇が始まって一旦飽和すると電圧を切り，こんどは過渡的な温度の下降を測定した．

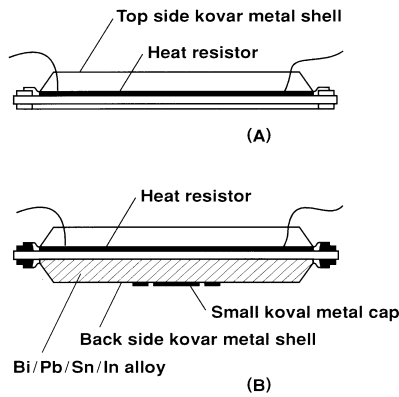


Fig.5 The sectional view of the experimental model

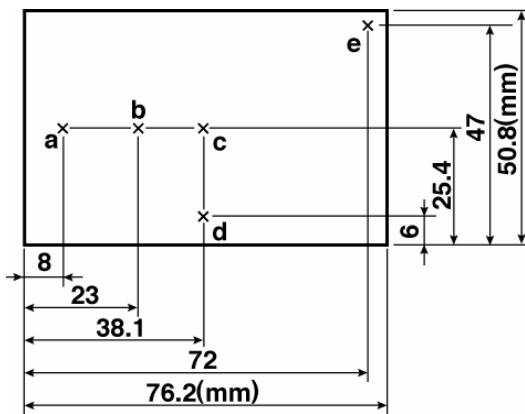


Fig.6 Temperature measurement points for each package

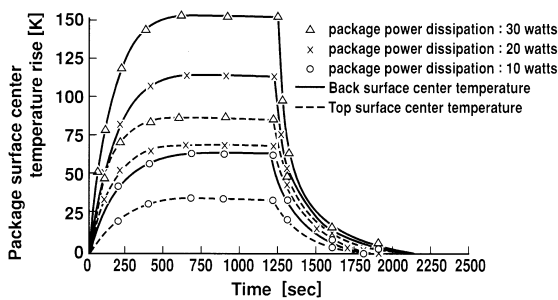


Fig.7 Experimental results for transient temperature rise and drop for Type A model (ordinary)

3.3 熱実験結果とその考察

図7にタイプAのサンプルの表面および裏面の過渡温度の上昇および下降の測定データを示す。

タイプAのサンプルでは3つの領域が観測された。

- (1) 領域1……発熱低抗体へ電圧が印加され、温度が上昇し始めて飽和するまでの期間。
- (2) 領域2……温度が飽和している期間でありモジュールの熱平衡状態である。
- (3) 領域3……発熱低抗体への印加電圧が切られ温度が常温まで下がる間の期間。

温度が飽和するまでの期間である領域1は、実験サンプルであるモジュールの発熱量が増加するほど短くなる。

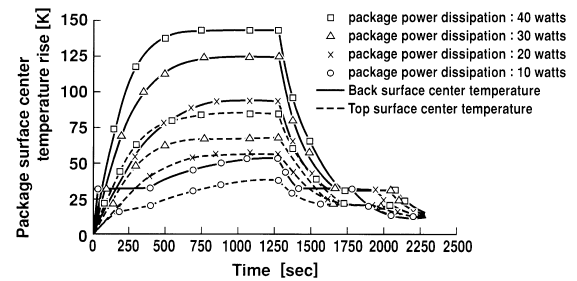


Fig.8 Experimental results for transient temperature rise and drop for Type B model (ordinary)

一方、図8に示されるように、タイプBのサンプルではそれぞれ以下の7つの領域が観測された。

- (1) 領域1……発熱低抗体へ電圧が印加され、温度が上昇し始めて低融点合金の融点に達するまでの期間。この領域では低融点合金は固体である。
- (2) 領域2……低融点合金が固体から液体に相変化(融解)している期間。この領域ではセラミック基板の裏面温度は、低融点合金の融点に保持されている。
- (3) 領域3……温度が低融点合金の融点から上昇し始めてから飽和するまでの期間。この領域では低融点合金は液体である。
- (4) 領域4……温度が飽和している期間であり、低融点合金が液体になった状態でのモジュールの熱平衡状態である。
- (5) 領域5……発熱低抗体への印加電圧が切られ、

温度が低融点合金の融点まで下がる間の期間. この領域では低融点合金は液体のままである.

- (6) 領域 6……低融点合金が液体から固体に相変化（凝固）している期間. この領域ではセラミック基板の裏面温度は、低融点合金の融点に保持されている.
- (7) 領域 7……温度が低融点合金の融点から下降し始めて常温に達するまでの期間. この領域では低融点合金は固体のままである.

温度が低融点合金の融点に達するまでの期間である領域 1 は、実験サンプルであるモジュールの発熱量が増加するほど短くなる. 図 8 より Bi/Pb/Sn/In 合金の融点が 57°C であることが確認できる.

低融点合金が固体から液体に相変化（融解）している期間である領域 2 の長さは、モジュールの発熱量にほぼ反比例している. この期間セラミック基板の裏面温度は、低融点合金の融点にその融解熱による吸熱反応により保持されている.

裏面のコパールシェル内の全ての低融点合金が液体に相変化した後、温度が上昇し始めて飽和するまでの期間である領域 3 は、モジュールの発熱量が大きいほど短い.

発熱低抗体への印加電圧が切られ、温度が融点合金の融点まで下がる間の期間である領域 5 は、飽和温度が高いほど増加する.

冷却過程でのセラミック基板の裏面温度が低融点合金の融点に保持されている期間である領域 6 は、飽和温度やモジュールの発熱量には無関係でほぼ一定である. この期間は、Bi/Pb/Sn/In 合金の場合約 360sec である. 領域 6 の場合と領域 2 の場合を比較すると 2~3°C 裏面のコパールシェルの温度が低いというヒステリシス現象が観察された.

温度が低融点合金の融点から下降し始めて常温に達するまでの期間である領域 7 は、飽和温度には無関係でほぼ一定であった.

さらに、このような新しいタイプの相変化冷却技術の適用が最も有効的であるのは、例えばほんの短い間だけ非常に発熱する必要のある、ある種の防衛あるいは宇宙用の電子機器や、数分間非常に高発熱をした後ある一定時間休息しその後また数分間非常に高発熱を繰り返す必要があるような、ロボット用電子機器のある種のモータドライブ回

路用のマルチチップモジュールに対しては特に有効であると考えられる. そこで、タイプ B サンプルに対して 3 分間 20 [W] で発熱させ 8 分間休息しその後また 3 分間 20 [W] で発熱させるということを繰り返し、モジュールの裏面温度を測定した結果を図 9 に示す. モジュールの裏面温度は完全に約 70°C 以下に制御されており、さらにほとんど全ての期間 Bi/Pb/Sn/In 合金の融点である 57°C に保持されていることが分かる.

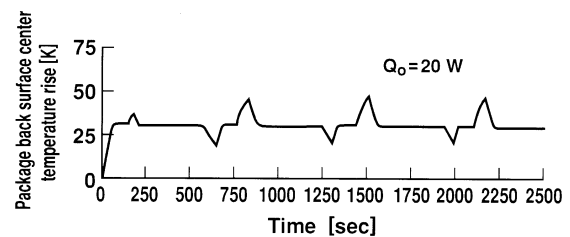


Fig. 9 Experimental results for transient temperature rise and drop for Types B sample (intermittently)

4. あとがき

ここでは、自然空冷能力の向上技術として煙突効果そのものを増進させる技術と自然空冷を基調にしながらも、一時的なデバイスの高発熱を蓄熱技術でしのぐ技術開発について紹介した. これらは、まだ発展途上の技術であり、実用化には課題が多く残っているが、従来技術をそのまま使うことが困難になりつつある現状では、無視はできない状況である.

参考文献

- [1] Sathe, S., A review of recent developments in some practical aspects of air-cooled electronic packages. J Heat Transfer 120, pp.830–838, 1998.
- [2] Florio L. A. and Harnoy, A., Analysis of dynamic enhancement of natural convection cooling by a discrete vibrating plate, Heat and Mass Transfer, Volume 43, Number, 2, pp.149-163, 2006.
- [3] Yazawa, K., Natural convection enhancement of

- channel array in conjunction with wall surface, Thermal and Thermomechanical Phenomena in Electronic Systems, 2004. IThERM '04. The Ninth Intersociety Conference on Thermal and Thermomechanical Phenomena in Electronic Systems Publication Date: 1-4 June 2004, pp. 128- 133 .
- [4] Y. Kitamura and M. Ishizuka, Chimney Effect on Natural Air Cooling of Electronic Equipment Under Inclination, ASME Journal of Electronic Packaging, Vol. 126, pp.423-428, 2004.
- [5] Chebi, R., Rice, RA., and Schwarys, J. A, Heat Dissipation in Microelectronic Systems Using Phase Change Materials with Natural Convection, Chemical Engineering Communication, Vol.69, pp.1-12. 1988.
- [6] Henze, R.H. and Humphrey. J.A., Enhanced Heat Conduction in Phase Change Energy Storage Devices, International Journal of Heat and Mass Transfer, Vol.24, pp.459-474, 1981.
- [7] Estes, R.C., The Effect of Thermal Capacitance and Phase Change on Outside Plant Electronic Enclosures, IEEE Transactions on Components, Packaging, and Manufacturing Technology, Vol. 15, No.5, pp.843-849, 1992.
- [8] Eftekhari, J., Haji-Sheikh, A., and Lou, D.Y., Heat Transfer Enhancement in a Paraffin Wax Thermal Storage System, ASME Journal of Solar Engineering, Vol.106, pp.299-306, 1984.
- [9] Joshi, Y. K. and Pal, D., Transient Thermal Management of an Avionics Module Using Solid-Liquid Phase Change Materials (PCMs), ASME National Heat Transfer Conference, Vol.7, pp.145-155, 1996.
- [10] Yoo, D. and Joshi, Y., Energy Efficient Thermal Management of Electronic Components Using Solid Liquid Phase Change Materials, IEEE 2002 Inter Society Conference on Thermal Phenomena, CD-ROM-1399.pdf, 2002.
- [11] Vesligaj, M. L. and Amon, C. H., Transient Thermal Management of Portable Electronics using Phase Change Materials and Time Varying Power Dissipation, EEP-Vol.26-2, Advances in Electronic packaging-1999 Volume 2, ASME, pp.1415-1424, 1999.
- [12] Egan, E.R., and Amon, C.H., Cooling Strategies for Embedded Electronic components of a Wearable Computer fabricated by Shape Deposition Manufacturing, IThERM'96, Proceedings of the Fifth ASME/ IEEE/ ISHM/ CPMT / NIST Conference on Thermal Phenomena in Electronic Systems, pp.13-20, 1996.
- [13] Amon, C.H., Egan, E.R., Smailagic, A., and Siewiorek, D.P., Thermal Management and Concurrent System Design of a Wearable Multi computer, The Thermal Perspective, IEEE Transactions on Components, Packaging, and Manufacturing Technology –Part A, Vol.20, No.2, pp.128-137, 1997.
- [14] Alawadhi, E. M. and Amon C. H, Analyses of a PCM Thermal Control Unit for Portable Electronic Devices: Experimental and Numerical Studies, IEEE 2002 Inter-Society Conference on Thermal Phenomena, CD-ROM-1300.pdf, 2002.
- [15] Ishizuka, M., Operation Time Control of a High Density Packaging Using a Low Melting Point Alloy, IEEE Transactions on Components, Packaging Technologies, Vol. 27, No. 2, pp.239-243, 2004.

ロータス型ポーラス銅を使用した高性能ヒートシンクの開発 Development of High-Performance Heat Sink with use of Lotus-type Porous Copper

千葉 博 (三菱電機), 大串 哲朗 (広島国際大学), 中嶋 英雄 (大阪大学)
Hiroshi CHIBA (MELCO), Tetsuro OGUSHI (Hiroshima Int. Univ.), Hideo NAKAJIMA (Osaka Univ.)
e-mail: Chiba.Hiroshi@ay.MitsubishiElectric.co.jp

1. はじめに

近年、電子デバイスの小型化、高性能化に伴って発熱密度は飛躍的に上昇しており、その効果的な冷却のために高性能なヒートシンクが求められている。

一般に冷却水路（チャンネル）となるチャンネル直径が小さいほど、温度境界層厚さが薄くなり高い熱伝達率が得られることから、これまでに溝幅が数十 μm の溝型のマイクロチャンネルを利用した半導体デバイス冷却用ヒートシンクの研究が様々に行われてきた。これまでに実用に近い構造として、シリコンチップに溝型のマイクロチャンネルを形成し、伝熱性能評価や圧力損失評価を行ったもの[1]や、マイクロチャンネルを多層構造にしたヒートシンクの評価などがある[2]。また、

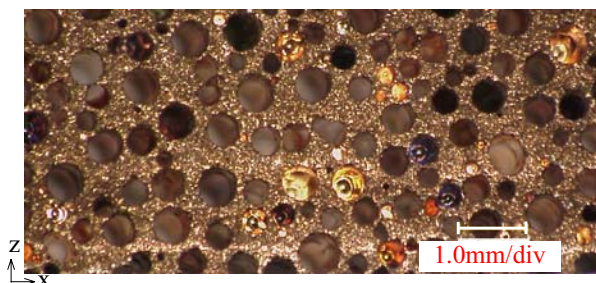


図1 ロータス銅の外観

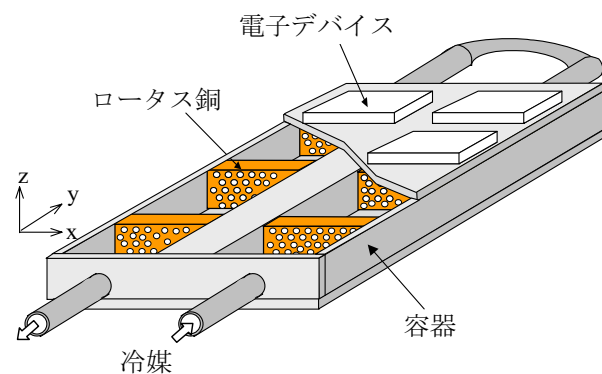


図2 ロータス銅ヒートシンクを使用したパワーモジュール構成

Zhang らはマイクロチャンネルのひとつとして、銅繊維からなるフォーム状金属を用いたヒートシンクの評価を行い、フォーム状金属が溝型マイクロチャンネルに比べて高い伝熱性能をもつことを示した[3]。しかし、これらの多孔質材に冷媒を流した場合、流路が複雑で、流れの圧力損失が大きく、ポンプ動力も大きくなる欠点もあった。

一方、中嶋らは焼結金属や発泡金属と異なる一方向性の気孔を多数もつロータス型ポーラス金属（以下、ロータス金属）の製造方法を開発した[4-6]。図1にロータス銅の外観を示す。ロータス金属は溶融した金属の中に溶解した H_2 などのガスが金属の凝固時に一方向に析出して形成する一方向性の気孔を多数もつ多孔質金属である。ロータス金属は以下の特長を持っている。(1) 直進性の気孔である。(2) 製造時において、気孔径と気孔率が制御可能である。(3) 数十～数百 μm の気孔径を持つ。以上の特長よりロータス銅をヒートシンクに利用した場合、微細な気孔径による温度境界層厚さの低減に伴う熱伝達率の増大と、直進性の気孔による圧力損失の低減とが同時に得られる利点がある。

そこで、著者らはロータス銅を用いたヒートシンクの開発を進めてきた。図2はロータス銅ヒートシンクを使用したパワーモジュールの水冷方式を示したものである。発熱体である電子デバイスの直下にロータス銅を配置し、冷却水をその気孔内に流すようになっている。この構成により電子デバイスで発生した熱は、ロータス銅の気孔内を通過する冷却水に熱伝達される。

本報では、ロータス銅の気孔の影響を考慮した有効熱伝導率の測定、ロータス銅をフィンとみなした数値解析およびロータス銅ヒートシンクの放熱特性についてまとめたので紹介する。

2. ロータス銅の気孔径分布

図1で示したロータス銅の断面での気孔径分布を図3に示す。図中には気孔率 p ，最大気孔径 d_{max} ，最小気孔径 d_{min} ，平均気孔径 d_{mean} の各値を示している。気孔径分布は平均気孔径を中心に比較的まとまって分布しており，ヒートシンク素材として好ましい分布となっている。なお，ロータス銅ヒートシンクにはこの気孔径分布をもつ試験片の他に， $d_{mean}=0.09\text{ mm}$ ， $p=29.0\%$ の2種類を用意した。

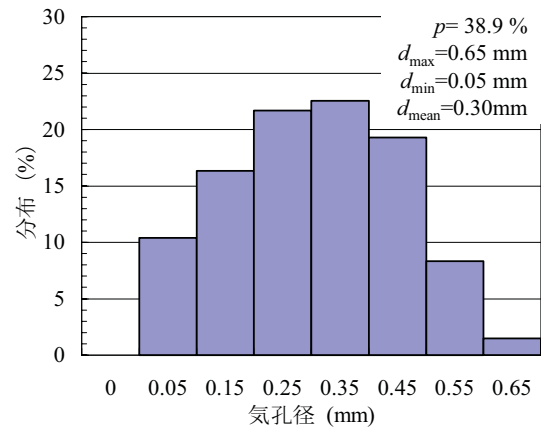


図3 ロータス銅の気孔径分布

3. ロータス銅の有効熱伝導率

ロータス銅をヒートシンクとして有効に利用するためには，ロータス銅の気孔軸に垂直な方向の有効熱伝導率 $k_{eff\perp}$ に対する気孔の影響を把握する必要がある。

有効熱伝導率を測定するために，今回製作した一方向熱流定常比較法による有効熱伝導率測定装置を図4に示す。試験片のロータス銅(直径 30 mm，厚さ 30 mm)の上下に直径 30 mm，厚さ 30 mm の熱伝導率が既知の2つの銅製の上下各ロッドを配置し，周囲を断熱材で覆った。上ロッドの最上面はヒータで加熱，下ロッドの最下面は冷却ブロックで冷却し，上下ロッド，試験片内に一方向定常熱流をつくった。また，上下ロッド，試験片内には熱流方向に 5 mm 間隔で K 型熱電対が埋め込まれており，温度分布を測定できるようにし，上下ロッドと試験片の温度勾配から試験片の有効熱伝導率を測定した。

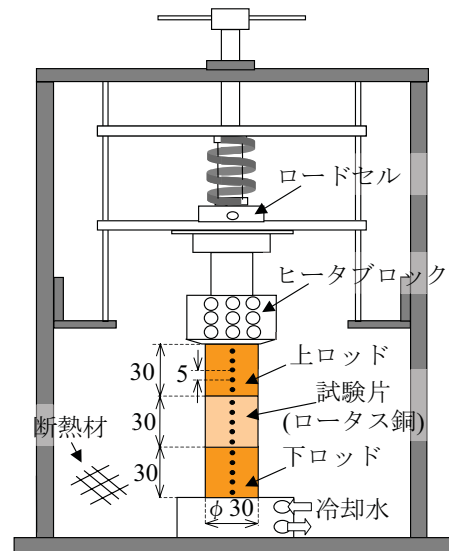


図4 ロータス銅試験片の有効熱伝導率測定装置

ロータス銅の有効熱伝導率 $k_{eff\perp}$ の実験値と Beherns[8]による予測式(図中式(1))との比較を図5に示す。図は横軸に気孔率 p ，縦軸に有効熱伝導率 $k_{eff\perp}$ と素材の熱伝導率 k_s との比を示す。ロータス銅の気孔率 p を変化させたときの気孔軸に垂直な方向の有効熱伝導率の実験値は Beherns の式と良く一致することがわかる[7, 8]。

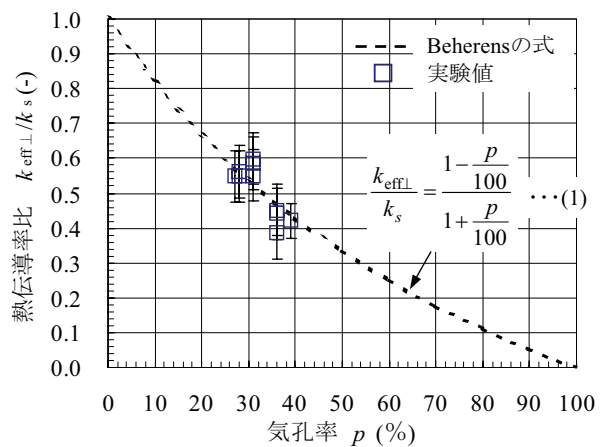


図5 ロータス銅の気孔軸に垂直な方向の有効熱伝導率の実験値と予測式との比較

4. ロータス銅のフィン効率

ロータス銅をヒートシンクとして使用した場合，気孔内に冷媒が通過するため，気孔内表面で熱伝達が生じる。したがって，気孔内の熱伝達率を考慮した熱伝達の検討も必要である。

一般に物体表面から周囲へ熱伝達率を伴う物体内の熱伝達現象は，この物体をフィンとして考えることで，その放熱効果を予測できる。

4.1 計算式の導入

図6に示すロータス金属フィンを直線フィンに置換したロータス金属直線フィンモデル(図7)からフィン効率 η_f を次式により導出した。

$$m \cdot l = \sqrt{\frac{h \cdot \zeta \cdot P_f}{k_{\text{eff}\perp} \cdot A_f}} \quad (2)$$

$$\eta_f = \frac{\tanh(m \cdot l)}{m \cdot l} \quad (3)$$

ここで、 P_f 、 A_f は、それぞれロータス金属直線フィンモデルの周囲長さと断面積である。 ζ はロータス金属フィンの全気孔内の表面積 S_f とロータ

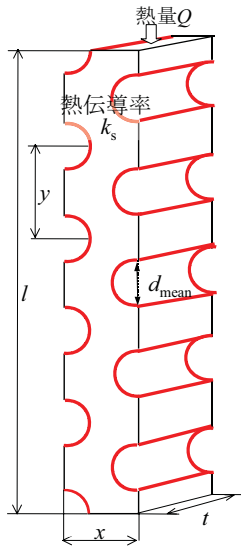


図6 ロータス金属フィン

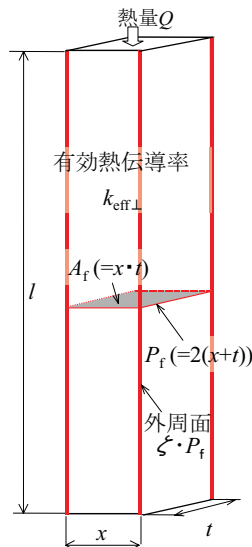


図7 ロータス金属直線フィンモデル

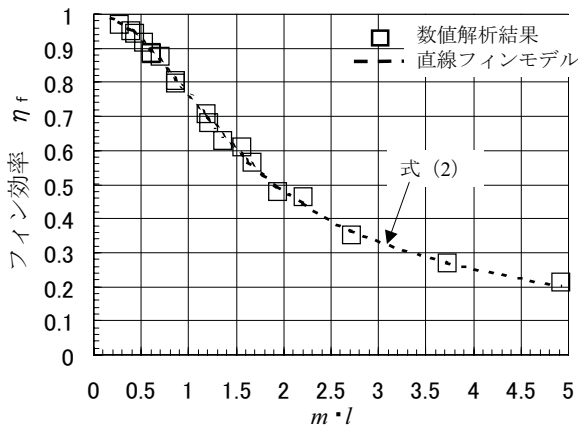


図8 直線フィンモデルと数値解析との比較

ス金属直線フィンモデルの側方表面積 ($P_f \cdot l$) との比である。

4.2 数値解析

図6のロータス金属直線フィンの気孔(気孔径 d_{mean})内に熱伝達率 h を与え、最上面から熱量 Q を入力した場合の最上面と冷媒間との温度差 ΔT を有限要素法によって計算し、 $Q = h \cdot S_f \cdot \eta_f \cdot \Delta T$ で定義したフィン効率 η_f を評価した。

有限要素法から得られた計算値と式(2)との比較を図8に示す。横軸に $m \cdot l$ 、縦軸にフィン効率 η_f を示した。

式(2)と有限要素法から得られた数値解析結果はよく一致することから、ロータス金属フィンのフィン効率は直線フィンに置換したロータス金属直線フィンモデルを使って予測できることがわかった[9]。

5. ロータス銅ヒートシンクの放熱特性

5.1 実験方法

ロータス銅の優れた放熱特性を明らかにするために、ロータス銅ヒートシンクの他に比較対象として従来の溝型ヒートシンク、更に溝間隙を小さくした溝型マイクロチャンネルヒートシンクの2種類の放熱特性を評価した。

ロータス銅ヒートシンクを図9に示す。ロータス銅ヒートシンクとしては、冷却水の流れ方向に沿って直線状の気孔を持つ厚さ2mmのロータス銅フィン($d_{\text{mean}}=0.09$ mm, $p=29\%$)を1個だけ銅ベース板にロウ付け接合したもの(ロータス銅ヒートシンクA)、および $d_{\text{mean}}=0.30$ mm, $p=38.9\%$ で厚さ3mmのロータス銅フィンを3個並べて銅ベース板にロウ付けしたもの(ヒートシンクB)の2種類用意した。一方、従来の溝型ヒートシンクはフィン厚さ1mm、フィン間隙3mmで、溝型マイクロチャンネルヒートシンクはフィン厚さ、フィン間隙ともも0.5mmのいずれも銅製で、それぞれを銅ベース板にロウ付けした。これら全てのヒートシンクの流れ方向の長さは20mmである。

ヒートシンクの熱伝達特性を評価するための実験装置を図10に示す。ヒートシンクは試験ダクト内に設置した。また、銅ベースのヒートシンク接合面と反対側の面には、電子デバイスの発熱を模擬したヒータブロックを半田付けした。ヒートシ

シンのフィンを通る冷却水はポンプと冷却水冷却器が一体となったサーキュレータによって、フィルタ、流量計を通して、試験ダクト内を循環している。冷却水としては純水を使用した。冷却水の試験ダクト内の入口温度 T_i 、出口温度 T_o 、銅ベース板の温度 T_b を K 型熱電対で計測した。

各ヒートシンクの熱伝達特性を評価するために、ヒートシンクベース面積 A_b 、冷却水の入口温度 T_i を基準とした熱伝達率 $h_{bi} (= Q_h / (A_b \cdot (T_b - T_i)))$ を用いた。ここで、 Q_h はヒータ入力熱量から断熱材を通過する熱損失分を除去した熱量である。

ヒートシンク前後の圧力損失は、圧力センサ (Krone 社製 DP-15) によって 5% の精度で計測した。

5.2 実験結果

圧力損失 ΔP に対する各ヒートシンクの熱伝達率 h_{bi} の比較を図 11 に示す。

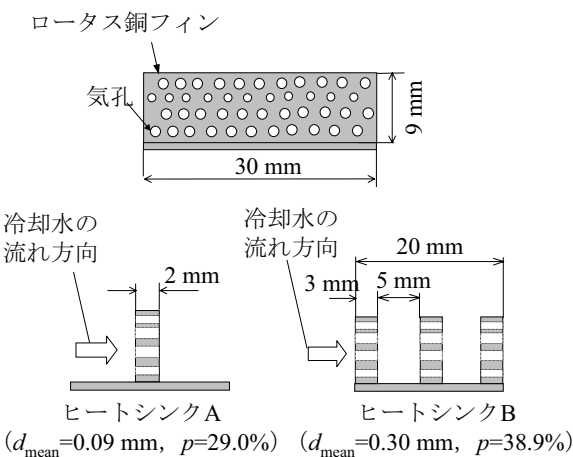


図9 ロータス銅ヒートシンク A, B の構成仕様

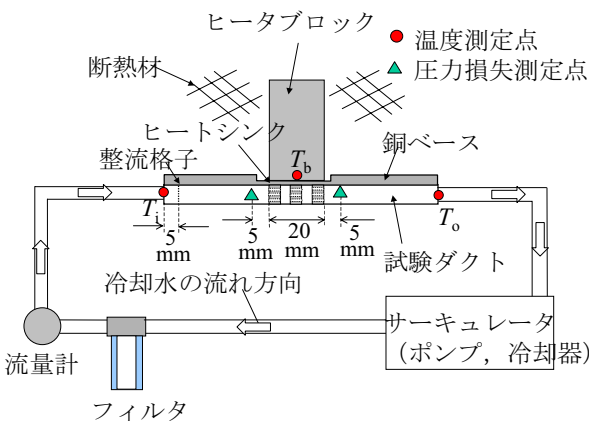


図10 ヒートシンク放熱性能評価装置

図中の記号は実測値、実線は実測範囲の予測値、点線は実測範囲外での予測値である。ロータス銅ヒートシンクの場合、ロータス銅の有効熱伝導率、フィン効率と気孔内流れを円管流れでの熱伝達率の式を使って計算した予測値である。従来の溝型ヒートシンクの熱伝達特性は、計算結果のみの値である。

圧力損失 1000 Pa 時の熱伝達率 h_{bi} で比較すると、気孔径 0.09 mm のロータス銅ヒートシンク A の実測値は溝型マイクロチャンネルより 1.6 倍、従来の溝型ヒートシンクより 3.3 倍高く、100000 $W/(m^2 \cdot K)$ の値を示している。

次に圧力損失 ΔP と流量 U との積で表されるポンプ動力 $\Delta P \cdot U$ に対する各ヒートシンクの熱伝達率 h_{bi} の比較を図 12 に示す。

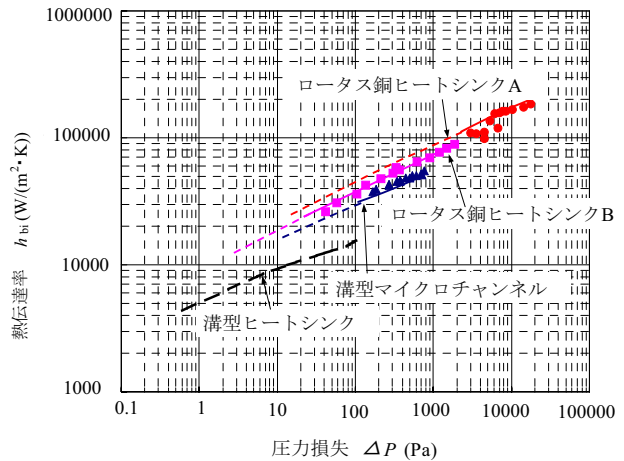


図11 圧力損失に対する各ヒートシンクの熱伝達率比較

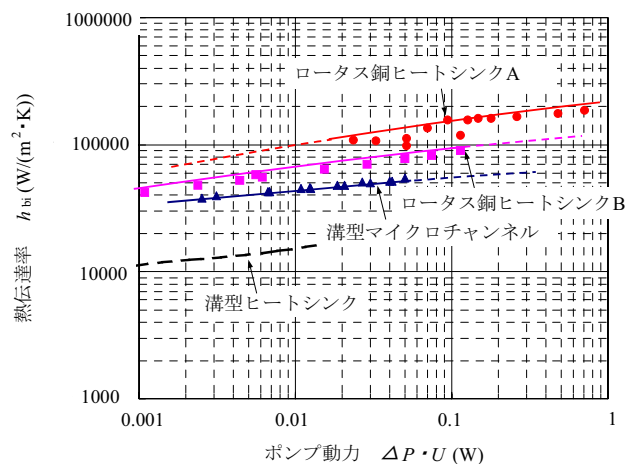


図12 ポンプ動力に対する各ヒートシンクの熱伝達率比較

ポンプ動力 $\Delta P \cdot U = 0.02$ W 時の熱伝達率 h_{bi} を比較すると、ロータス銅ヒートシンク A の実測値は溝型マイクロチャンネルより 2 倍、従来の溝型ヒートシンクより 5 倍高い値を示している。

以上から、ロータス銅ヒートシンクの熱伝達特性は非常に高く、 $100000 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 以上の熱伝達率を示すことが明らかになった。

さらにその予測値は $\pm 20\%$ の精度で実測値と一致することも明らかになった[9, 10].

6. おわりに

ロータス型ポーラス銅を使った高性能水冷ヒートシンクは高い熱伝達特性を示すことから、今後特に発熱密度の高いパワー素子、レーザーダイオード、高周波素子用のヒートシンクとして期待されている。現在、ロータス銅ヒートシンクを実装した水冷システムについての開発フェーズに移っている。

参考文献

- [1] D. B. Tuckerman and R. F. W. Pease, IEEE Electron Device Letters, **2-5** (1981), 126-129
- [2] X. Wei and Y. Joshi, *Proc. of ASME IMECE 2000 Int. Mec. Eng. Congress & Exposition*, **366** (2000), 329-337
- [3] H. Y. Zhang and X. Y. Huang, Int. J. Heat Mass Transfer, **44** (2001), 1593-1603
- [4] H.Nakajima, S.K. Hyun, et al., Colloids and Surface A, **179** (2001), 209-214
- [5] H.Nakajima, Prog. Mater. Sci. **52** (2007), 1091-1173
- [6] H.Nakajima and T.Ide, Metallurgical and Materials Transactions A, **39** (2008), 390-394
- [7] T.Ogushi, H.Chiba, H.Nakajima, J. Appl. Phy, **95** (2004), 5843-5847
- [8] E. Bherens, J. Composite Mater., **2**, (1968), 2-17
- [9] H. Chiba, T. Ogushi, H.Nakajima, JSME Int. J. Series B, **47**, (2004), 516-521
- [10] H. Chiba, T. Ogushi, H. Nakajima, Porous Metals and Metal Foaming Tech., edited by H. Nakajima and N. Kanetake, Japan Inst. of Metals, (2005), 35-40

民生用電子機器の最近の冷却技術トレンド

Recent Trend of Cooling Technologies for Public Electronic Equipments

近藤 義広, 星野 正和, 藤本 貴行, 磯島 宣之 (日立 機械研)

Yoshihiro KONDO, Masakazu HOSHINO, Takayuki FUJIMOTO and Nobuyuki ISOSHIMA (Hitachi, MERL)

e-mail: yoshihiro.kondo.aw@hitachi.com

1. はじめに

民生用電子機器では、情報のデジタル化が急速に進み、その機能性は飛躍的に向上している。しかし、それに伴い、民生用電子機器で消費される電力も年々増加している。

一方、民生用電子機器は、ユーザに一番近いところで使用されるため、機器の大きさ、騒音などの環境条件、装置コストは厳しくなっている。このような背景から、民生用電子機器に適した冷却技術を開発することが必要となっている。

本編では、民生用電子機器の最近の冷却技術トレンドとして、液晶プロジェクタの高発熱密度化/塵埃問題を解決するために開発した新たな液冷技術と、光ディスク装置の高発熱密度化/レーザ性能劣化問題を解決するために開発した放熱技術を取り上げて説明する。

2. 液晶プロジェクタの新液冷技術

2.1 液晶プロジェクタの冷却技術トレンド

液晶プロジェクタでは、高輝度化、小型化、高精細化の強い要求がある。これらは、全て発熱量、発熱密度の増加に繋がり、現在の冷却ファンのみによる空冷方式では、騒音増加を避けられない。さらに、空冷方式では液晶プロジェクタの画像を生成する液晶パネルに、冷却風からの塵埃が付着し、液晶プロジェクタの画質を低下させる原因となっている。この液晶プロジェクタの高発熱密度化と塵埃問題を解決するために、パソコン向けの液冷技術[1], [2], [3]を応用して液晶パネルの冷却技術を開発している。パソコンのCPU用液冷技術を液晶パネルにそのまま適用すると、冷媒に混入した気泡が光を通す液晶パネル面を通過し、液晶プロジェクタの画像を乱すという問題がある。そこで液晶パネルに用いる新たな液冷技術の開発が必要となっている。

2.2 液晶プロジェクタの基本構造

図1に、液晶プロジェクタの基本的な光学系の構成を示す。水銀ランプから出射した光束は、拡散レンズ、偏光変換素子、集光レンズを通過し、ダイクロイックミラーで赤光、緑光、青光に分配される。分配された各色の光束は入射側偏光板、液晶パネル、出射側偏光板を通過し、光合成プリズムで合成し、投射レンズを経て、スクリーン上へと投射される。偏光変換素子は水銀ランプの光を必要な偏光に変換し、光利用効率を向上させる役目がある。また、入射側、出射側偏光板は光透過型ガラスに偏光膜を取付けた構造となっている。

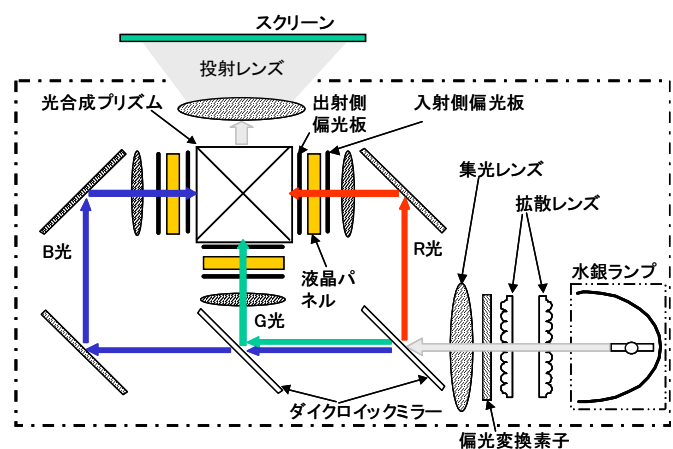


図1 液晶プロジェクタの基本的な光学系構成

2.3 新液冷技術の概要

液晶プロジェクタでは、液晶パネルと入射側偏光板、出射側偏光板の光透過領域のほぼ全面から均等に発熱する。そのため、液晶パネルと偏光板で発生する熱を、一旦、熱伝導を利用して光透過領域外に輸送し、そこに液冷ジャケットを設け、液晶パネルと偏光板の熱を輸送する新しい液冷方式を検討した。

次に、今回検討した新しい液冷方式について説

明する。図2に液晶パネルの液冷構造を示す。液晶パネルの入射側と出射側に偏光膜が取り付けられているサファイヤ板を接触させ、各々のサファイヤ板の外周に液冷ジャケットを配置した構造である。この様な構造にすることにより、液晶パネルで発生した熱は、高熱伝導率を有するサファイヤ板を経て、液冷ジャケットに伝導し、液冷ジャケット内を循環する水などの冷媒に伝達し、液晶パネルが冷却される。この液晶パネル周りの液冷ジャケット、サファイヤ板などを液冷モジュールと呼ぶことにする。

液晶プロジェクタでは基本的な光学系の構成は各色（赤色、緑色、青色）とも同一であり、液冷構造も同一になるため、3色のうちで発熱量の大きい緑色を生成する液晶パネルと入射側偏光板、出射側偏光板に着目し、液冷モジュールの冷却性能を評価した。

また、液冷モジュールの冷却目標は、液晶プロジェクタの筐体内温度を50℃とした場合に、液晶パネルの液晶部温度が60℃以下とした。

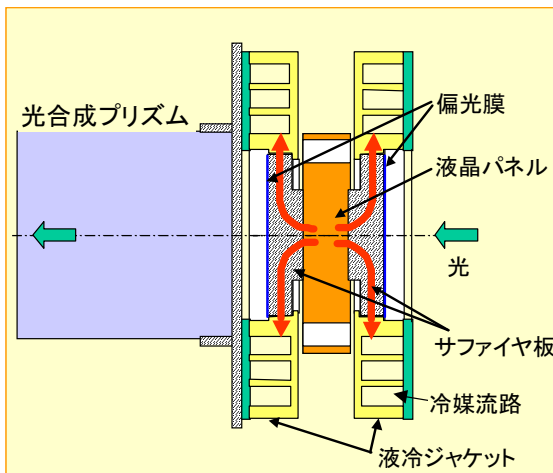


図2 液晶パネルの液冷構造

2.4 液冷モジュールの熱伝導解析

まず、上記の液冷モジュールを構成する液冷ジャケットとサファイヤ板の外形寸法（厚さなど）を決定するため、熱伝導解析を行った。解析ソフトはQuick Field（Tera Analysys社製）を用いた。液晶パネルの光透過領域は矩形状であるが、今回液晶パネルの発熱密度と解析の簡便性を考慮し、解析では光透過面積が同じになる円形状とし、軸対称とした。

表1に解析条件を、図3に解析結果を示す。発

熱量はランプからスクリーンまでの光束と各光学系の光透過損失を検討して、液晶パネルと2枚のサファイヤ板に取付ける偏光膜ともに3Wとした。境界条件は、液冷ジャケット流路での冷媒熱伝達率と冷媒温度を規定した。液冷ジャケットとサファイヤ板、液晶パネル、および偏光膜と大気とは断熱境界とした。なお、図3の計算結果は、液冷ジャケットとサファイヤ板の外形寸法が適正となる寸法での結果である。図3より液晶パネル中央部の液晶部温度が最も高く65℃で、液晶パネル表面温度（サファイヤ板と液晶パネルの接触部）が55℃以下であることがわかる。なお、サファイヤ板に取付けた偏光膜からの熱は、サファイヤ板の熱伝導率が液晶パネルを構成する石英ガラスの熱伝導率の30倍高いため、サファイヤ板で熱が十分に広がっていることがわかる。

表1 解析条件

発熱量		液晶パネル, 入射側出射側偏光板 各3W
サファイヤ板と液晶パネル間		空気層10μm, λ=0.028W/(m・K)
サファイヤ板と液冷ジャケット間		熱伝導グリス50μm, λ=5W/(m・K)
液冷ジャケット冷媒熱伝達率[4]と冷媒温度		785 W/(m²・K), 40℃
熱伝導率	液晶パネル(石英ガラス)	1.4
	サファイヤ板	42
	液冷ジャケット	390

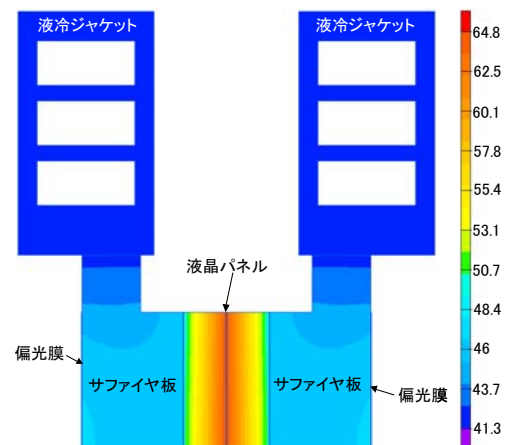


図3 熱伝導解析結果（軸対称計算）

2.5 液冷モジュールの評価装置

次に、熱伝導解析結果から決定した液冷ジャケットとサファイヤ板の外形寸法をもとに液冷モジュールを試作した。液冷モジュールの構造と評価装置について説明する。

図4に単一光（緑光）による液冷モジュール評価装置の全体構成を、図5に図4のランプから投

射レンズに至る光学系をもつ液冷モジュール評価装置の外観を示す。液晶プロジェクタから光学部品（水銀ランプ、ダイクロイックミラー、光合成プリズム、投射レンズなど）を取り外し、液晶パネルに液冷モジュールを組み込んだ。評価装置では、水銀ランプからの白色光の内、緑光だけがダイクロイックミラーを通過し、液冷モジュールの液晶パネルに入射し、プリズム、投射レンズを経てスクリーン上に画像を形成する。また、光の調整は液晶プロジェクタの制御系を用いて行う。液冷モジュールには冷却ファン付き放熱器とポンプが配管接続され、液冷モジュールから出た冷媒は放熱器を経て、ポンプへ流れ、再び液冷モジュールへ流れる循環式となっている。

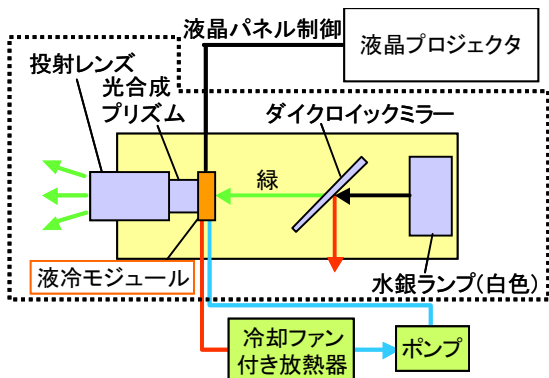


図4 試作液冷モジュール評価装置の構成

トは直列に繋がれ、1個の液冷ジャケットの冷媒出口から出た冷媒は、もう1個の液冷ジャケットの冷媒入口へ流れる。これにより、液晶パネルで発生した熱は、サファイヤ板を経て、液冷ジャケットに伝導し、液冷ジャケット内を循環する冷媒に熱伝達される。

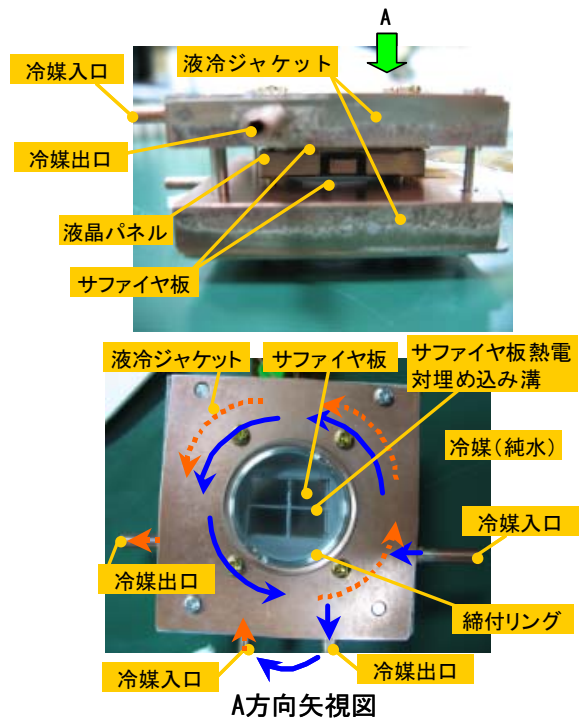


図6 試作液冷モジュールの外観

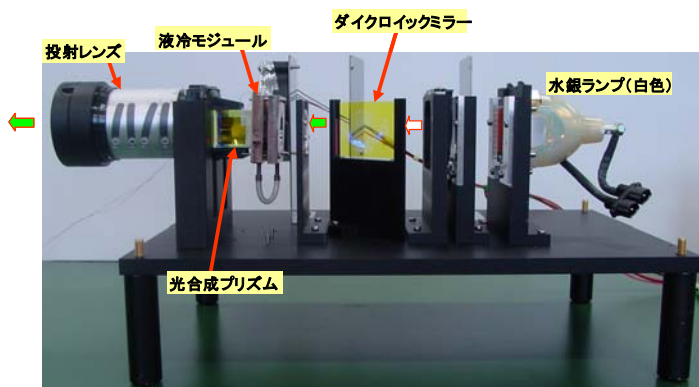


図5 試作液冷モジュール評価装置の外観

図6に液冷モジュールの外観を示す。液冷モジュールの主要構成部品は、2個の液冷ジャケット、液晶パネル、2枚のサファイヤ板および2個の締付リングである。液冷ジャケット中央部の穴にサファイヤ板がはめ込まれ、締付リングで固定される。冷媒は冷媒入口より液冷ジャケット内部に流れ、液晶パネルおよびサファイヤ板の周囲を回って、冷媒出口から流れ出る。2個の液冷ジャケット

2.6 液冷モジュールの伝熱実験

次に、試作液冷モジュールによる温度測定の結果について説明する。2.5節で説明したように、実験に用いた評価装置では水銀ランプが液晶プロジェクタから取外され、剥き出しになっているため、評価装置を暗室内に設置し、温度を測定した。温度の測定位置は液晶パネルのフレーム、入射側と出射側のサファイヤ板中央表面（液晶パネル保護ガラスとの接触面）、液冷モジュールの入口と出口水温、および大気温度とした。液晶パネルのフレームの温度とは液晶パネルを保持しているアルミ部表面で、直接投射光があたらない位置の温度である。直接、液晶部の温度を測定できないため、液晶パネルの温度は2.4節の熱伝導解析結果と液晶プロジェクタ筐体内温度を50℃と仮定すると、液晶パネルの保護ガラスの代わりに、サファイヤ板を設ける構造で、液晶パネルの液晶部温度は59.5℃

となり、目標の 60°C を達成できることがわかった。

次に、今回用いた液冷モジュールの冷却性能の優位性を検討する。図 7 に液晶パネルのフレーム温度の大気温度からの温度上昇の結果を示す。緑線は液冷モジュールを用いた場合、赤線は図 4 で説明した液冷モジュール評価装置で、液冷モジュールを取り外し、液晶プロジェクタに搭載している冷却ファンを液晶パネルの上部に設けた空冷方式の場合、黒線は液晶パネルとサファイヤ板の間に 0.5mm の隙間を設けて液冷モジュールを設置した場合を表す。

赤線で示す液冷モジュールの温度上昇は 5.5K で、緑線で示す空冷方式の 6.5K に比べ低く、液冷モジュールは空冷方式と比較して、1.2 倍程度の冷却性能であると考えられる。

また、黒線で示す液晶パネルとサファイヤ板間に 0.5mm の隙間を設けた場合、液晶パネル面とサファイヤ板間で空気による熱抵抗が生じ、液晶パネルで発生した熱がサファイヤ板に伝導し難くなり、温度上昇が 13K と大幅に増加したものと考えられる。以上の結果から、液冷モジュールの有効性を確認できた。

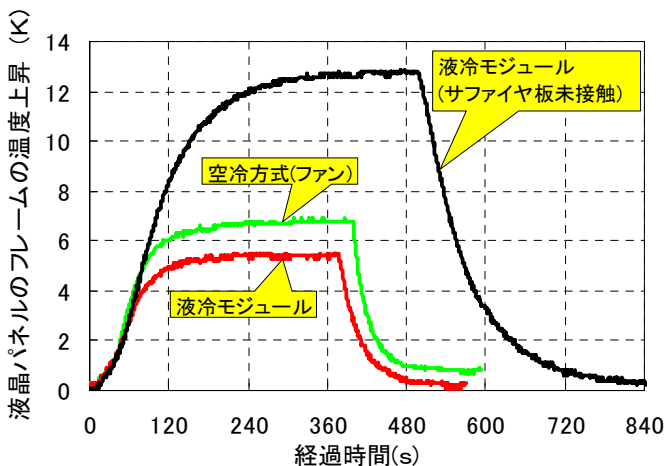


図 7 液晶パネルのフレーム温度上昇

3. 光ディスク装置用放熱技術 [5]

3.1 光ディスク装置の冷却技術トレンド

DVD レコーダーを代表とする光ディスク装置（ドライブ）では、データ記録・再生速度の高速化と 1 台の装置で複数規格メディアの記録・再生を行うマルチ化が進んでいる。さらに、高精細度テレビジョン放送や地上デジタル放送の開始に伴

い、大容量・高画質コンテンツを記録・再生するための次世代大容量メディアへの要求が急速に高まっている。このような大容量化、高速化競争に伴い、光ピックアップに搭載される半導体レーザーの発光出力はさらに増大することになる。その結果、レーザーダイオード等の半導体素子温度は従来に増して上昇し、レーザー性能の劣化、素子寿命の短縮、誤作動等が生じ易くなるという問題が生じている。そこで、光ディスク装置の光ピックアップ周りの最適な構造を導き出す放熱技術の開発が必要となっている。

3.2 光ディスク装置の概要

図 8 に、光ディスク装置の概観ならびに内部構成を示す。記録・再生用光学部品を搭載した光ピックアップ、ディスク回転駆動用スピンドルモータ、光ピックアップを支持する二本の案内軸（主軸・副軸）、これらを搭載するメカシャシー、そして、ディスク載置用ディスクトレイ、電子部品駆動制御用の回路基板（PCB：Printed Circuit Board）等から構成される。



図 8 光ディスク装置の概観および内部構成

3.3 ドライブ内部温度のディスク回転数依存性

光ピックアップ温度はディスク回転により誘起される空気流の影響を強く受けるため、ドライブ内部温度とディスク回転数の依存性を予め評価しておくことは極めて重要である。図 9 にドライブ内部温度とディスク回転数の測定結果の一例を示す。ディスク回転数に対するドライブ内部空気温度（主軸側・副軸側空気温度の平均値）およびピックアップ温度（ヒータ温度）の上昇量を示している。青線はドライブ外気からのドライブ内部空

気温度上昇量であり、ディスク回転数の増加に伴いスピンドルモータ発熱量が増大するため、内部空気温度も大幅に上昇している。一方、緑線で示すドライブ内部空気温度からのピックアップ温度上昇量は、ディスク回転数の増加に伴い低減していく。これは、ディスク回転数増加に伴い、空気流によるピックアップ冷却効果が増大するためである。高倍速仕様ほど空気流を有効に利用することが効果的である。このように、ドライブ内部空気温度とピックアップ温度は、ディスク回転数に対して互いにトレードオフの関係となることが特徴的である。

赤線はこれらの温度を加算したものであり、ドライブ外気からのピックアップ温度上昇量である。回転数 4000rpm 前後で最小値を示し、そこから低回転数域および高回転数域に向けて温度が上昇する。特に、高回転数域では上昇が顕著である。

以上のように、ピックアップの温度を低減するためには、

- (1) スピンドルモータの消費電力を下げ、ドライブ内部の平均空気温度を下げる
 - (2) ドライブ内部の空気流の流れを適性化し、ピックアップの冷却効率を上げる
- の2つが重要である。本報では後者について、我々が開発に取り組んできた技術を紹介する。

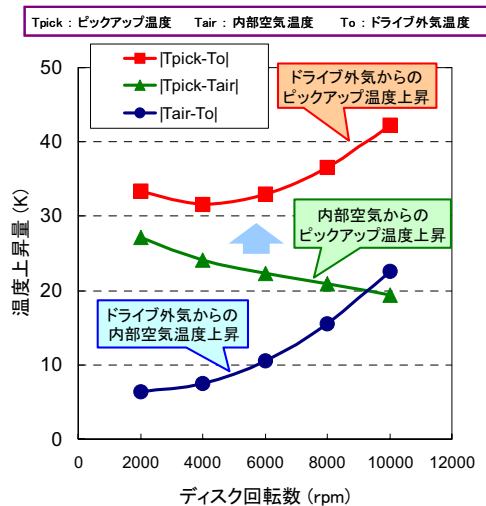


図9 ドライブ内部温度とディスク回転数の関係

3.4 ドライブ内部流れ場および温度場の把握

高倍速仕様では3.3節で説明したようにドライブ内部の流れ場（特にピックアップ周り）を把握しておく必要がある。そのため、数値シミュレーション

(CFD) を効率的に利用することで、最適な放熱構造を開発する必要がある。そこで今回は放熱設計を実施するに当たり、解析モデルの適用妥当性を検証すべく、解析と実験（流れ可視化計測、実駆動温度試験）の比較検証を行った。

CFD には電子機器用熱流体解析汎用ソフト Icepak(FLUENT 社製)を使用した(図10)。解析対象は高倍速仕様である DVD16 倍速記録とした。

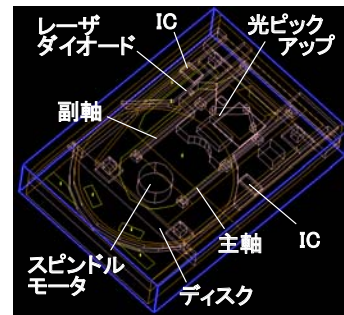


図10 解析モデル

流れ可視化計測には、粒子画像流速計 (PIV) を適用した。図11に PIV 可視化装置の概要、図12に可視化用ドライブを示す。可視化装置は、レーザ光源、光学系、高速 CCD カメラ、レーザと CCD カメラを同期させるシンクロナイザ、画像処理用 PC から構成される。レーザ光はハーフミラーによって2方向に分割された後、レンズによりシート状に引き伸ばされ、可視化用ドライブの特定水平断面を照射する。可視化用ドライブはレーザ光に対して透過とするため、透明アクリルにより製作した。水を充填した透明アクリル水槽内に可視化用ドライブを設置し、ドライブ外部から DC モータによりディスクを回転駆動させた。ディスク径と回転数を基準とするレイノルズ数を一

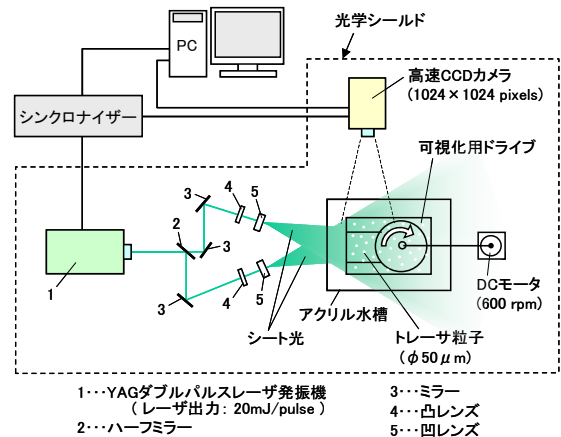


図11 PIV 可視化装置の概要

致させることで、流れの相似性を得ることとし、水中でディスクを 600rpm で回転させ、空気換算で約 10000rpm 回転時 (DVD16 倍速相当) の流れ場を模擬した。

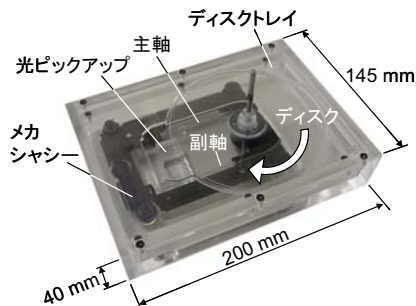


図 12 可視化用ドライブ

ドライブ内部温度については、ディスクを実際に記録させた際の温度上昇量を計測した (実駆動温度試験)。1 枚ずつ連続して記録させ、内部温度が飽和した時点のレーザシステム (レーザ端子固定の台座) および内部空気の温度上昇量を熱電対により計測した (図 13)。

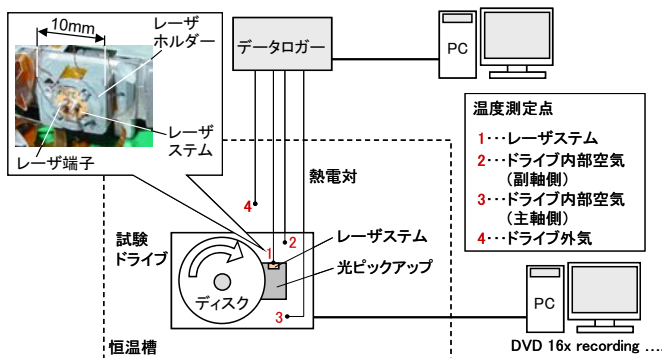
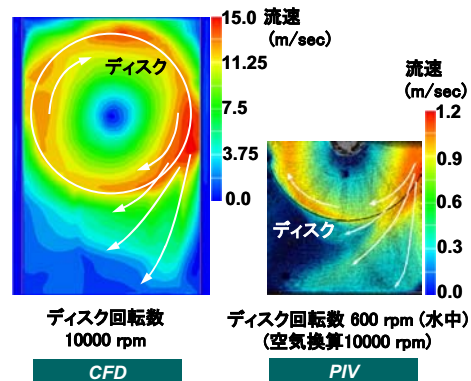
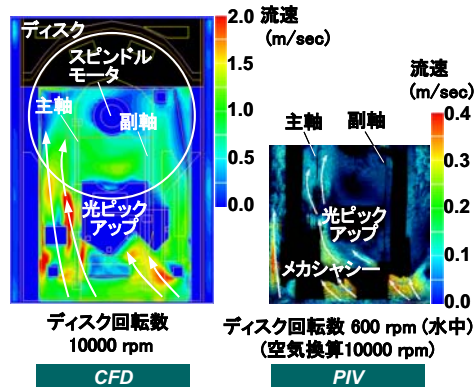


図 13 実駆動温度試験装置の概要

図 14 に CFD および PIV による内部流れの様子を示す (ディスク上面, 光ピックアップ周囲)。CFD による流れ分布は、PIV 計測結果とほぼ同等であることがわかる。ディスク高速回転により、ディスク外縁に沿って 20m/sec 程度の高速流 (PIV では 1.2m/sec) が生じ、この回転誘起流の一部はディスクトレイ上をドライブ後方へ向かい、ディスクトレイとドライブ筐体の隙間から光ピックアップ周囲 (主軸側) へ流速約 2m/sec で流れ込む。前述のように、この空気流を如何にレーザ周囲に導くかがピックアップ放熱の鍵となる。



(a) ディスク上面



(b) 光ピックアップ周囲

図 14 ドライブ内部流れ (CFD および PIV)

図 15 に DVD16 倍速記録時の温度分布を解析した結果を示す。ドライブ外気温度 25°C に対し、DVD レーザダイオード温度は約 52°C まで上昇している。これは、ダイオード自体の発熱もさることながら、内部空気温度が 44°C 近くまで上昇していることも強く影響している。DVD16 倍速記録時はスピンドルモータ発熱量が約 7W とドライブ全体発熱量 (約 15W) の半分近くを占めており、高倍速仕様ほど内部空気温度上昇へ及ぼすスピンドルモータ発熱の影響が大きくなる。このことは 3.4 節で説明した結果からも明らかである。将来予想されるさらなる高倍速化に対応するためには、内部空気流による空冷構造だけではなく、スピンドルモータ放熱促進構造の検討が必要となる。

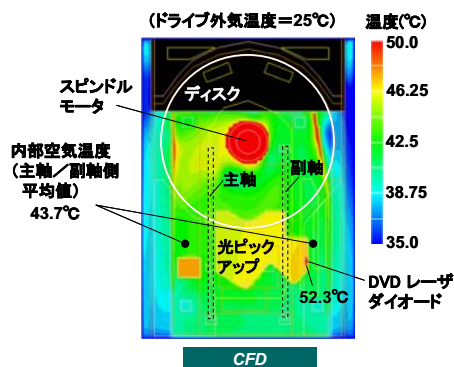


図 15 ドライブ内部温度分布 (DVD16 倍速記録)

図 16 に、実駆動温度試験結果 (DVD16 倍速記録) を示す。記録開始により温度が徐々に上昇し始め、温度飽和時のドライブ外気からの温度上昇量は、レーザシステムが 27K、ドライブ内部空気 (主軸側と副軸側の平均値) は 20K であった。

また、CFD と実駆動温度試験による温度上昇量を比較し、レーザダイオード、内部空気温度共に、両者は良く一致していることがわかった。

以上の結果から、空気流をピックアップのレーザ周囲へ導く放熱構造を検討する上で、本解析モデルの適用妥当性を確認することができた。

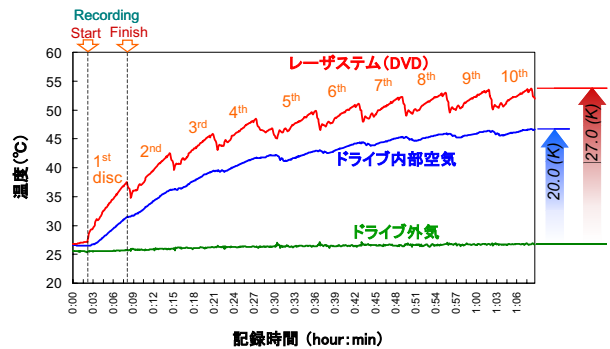


図 16 熱伝導解析結果 (軸対称計算)

4. おわりに

民生用電子機器では高性能化、高機能化が急速に進展している。そのため、民生用電子機器に適した冷却技術の開発はますます重要となっている。今回、民生用電子機器の最近の冷却技術トレンドとして、液晶プロジェクタ用液冷技術と、光ディスク装置用放熱技術の二つの事例を紹介した。

参考文献

- [1] 近藤, 中川, 日経エレクトロニクス, No.826(2002), 131.
- [2] 南谷, 松下, "小型液冷モジュールにおける不当液透過挙動", 「材料」, Vol.53, No.2, (2004), 213.
- [3] 新, 他 2 名, 熱工学コンファレンス 2004 講演論文集 No.04-28 (2004), 361.
- [4] 伝熱工学資料 改訂第 4 版 日本機械学会, (1986), 50.
- [5] 藤本, 他 5 名, 可視化情報全国講演会講演論文集, Vol.26, No.2, (2006), 145.

CAMUI 型ハイブリッドロケットの開発 —異常燃焼の発生とその克服—

*Development of CAMUI Hybrid Rocket
-How we overcame the anomalous combustion-*

永田 晴紀 (北海道大学)

Harunori NAGATA (Hokkaido University)

e-mail: nagata@eng.hokudai.ac.jp

1. はじめに

現在、世界中で運用されている打上げロケットは、液体ロケットと固体ロケットの二種類に大別される。燃料と酸化剤を総称して推進剤とよぶが、液体ロケットは推進剤（液体酸素、ケロシン、ジェット燃料、アルコール等）の価格が 1 kg あたり数百円と安いのが長所の一つである。人工衛星を地球周回軌道に投入する場合、必要な推進剤は人工衛星の重量の 30~100 倍程度である。打上げ費用は人工衛星 1 kg あたり 100 万円が相場であるが、仮に推進剤の価格を 1 kg あたり 200 円、必要な重量を衛星 1 kg あたり 50 kg とすると、地球周回軌道に投入される衛星 1 kg あたりに必要な推進剤の価格は、 $200 \text{ 円/kg} \times 50 \text{ kg} = 10,000 \text{ 円}$ ということになる。すなわち、人工衛星 1 kg あたり 100 万円という打上げ価格のうち、推進剤価格が占める割合は 1%、多くても数%程度に過ぎない。一方、液体ロケットはポンプやタービンやバルブ類等の多くの部品から構成されるため、構造が複雑で小型化が困難という欠点も有する。そのため、人工衛星を 1 kg あたり 100 万円で地球周回軌道に投入してくれる液体ロケットは存在しても、1 kg の人工衛星を 100 万円で投入してくれる液体ロケットは存在しない。少なくとも 1 ton 以上の人工衛星を用意することが求められる。いわばスーパーコンピュータしか売っていないコンピュータ市場のようなものであり、そのような市場が民需で成立するわけが無い。

固体ロケットを用いれば、ロケットの小型化は容易であるが、固体ロケットでは人工衛星 1 kg あたり 100 万円という打上げ相場を達成することが困難である。高額になる理由は、推進剤に火薬類を使用する際に法令を遵守するためのコストが高いからである。もし推進剤に火薬類を使用しない小型ロケットを開発できれば、小型ロケットの単価を飛躍的に削減し、超小型衛星の潜在需要を顕

在化させることができる。宇宙利用の産業化を実現する鍵は、コスト削減ではない。小型化である。このような観点から、著者らはハイブリッドロケットの研究開発を行っている。

ハイブリッドロケットとは、推進剤に液体と固体の組合せを用いるロケットのことで、プラスチック等の固体燃料に液体酸素等の液体酸化剤を組み合わせるのが一般的である。概念を図 1 に示す。固体燃料には酸化剤および燃焼ガスを流すためのポートが設けられ、ポート内面が燃焼面となる。火薬類を使用しないために製造・運用コストを大幅に削減することが可能な上、液体燃料を使用しないため危険物すら取り扱わずに済む。ハイブリッドロケットのアイデアそのものは古く、1930 年代まで遡ることができる[1]が、固体燃料の燃焼が遅いという欠点を克服することができず、未だに小型ロケット打上げへの適用例は無い。地球の重力によって毎秒 9.8 m/s の速度を奪われる打ち上げ用途では、燃焼が遅いというのは致命的なのである。この課題を解決するため、著者らは 1998 年に CAMUI 方式（後述）を考案し[2]、2002 年 3 月には推力 50 kgf 級モータによる打上げ実証試験を実施した[3]。これらの成果を受け、推力 400 kgf 級大型モータの開発に移行したところ、異常燃焼の頻発という問題が浮上した。2006 年 3 月に予定した打上げ実証試験を延期、2006 年 7 月に再度設定された打上げ予定日も無期延期になる等、開発は困難を極めた。本報では、CAMUI ロケット開発の過程で起きた異常燃焼という課題と、その克

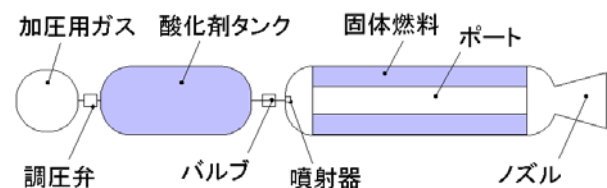


図1 ハイブリッドロケットの概念図

服の過程を紹介する。

2. CAMUI ロケットの基盤技術

CAMUI 型ハイブリッドロケットでは、固体燃料に PMMA (アクリル樹脂) やポリエチレン等のプラスチック類、液体酸化剤に液体酸素を使用する。固体燃料の燃焼を早くするため、従来は中心にポートを設けた円柱状であった固体燃料を複数の円柱ブロックに分け、各円柱ブロックの前端面が同時平行的に燃焼する方式を考案した。縦列多段衝突噴流方式を英訳し、**Cascaded Multistage Impinging-jet** の頭文字を取って CAMUI (カムイ) ロケットと名付けた。CAMUI ロケット燃焼室の概念を図 2 に示す。燃焼室に噴射された液体酸素は初段燃料ブロックの前端面に衝突し、生成した燃焼ガスは初段ブロックの 2 つのポートを流れて下流に流れ、2 段目ブロックの前端面に衝突する。衝突噴流により固体燃料への熱伝達が促進される効果を狙ったわけである。これにより、ハイブリッドロケットを固体ロケットレベルまで小型・高推力化することが可能となった。尚、図 2 では燃料ブロックが 3 段になっているが、著者らが打上げ実験に運用しているモータでは 6~10 段程度としている。

ハイブリッドロケットを小型ロケットに適用するためには、燃料の燃焼速度を上げて推力を増強することと合わせて、液体酸化剤供給系を小型機体に組み込むことが必要である。著者らは、爆発の危険性および毒性が無く、高い比推力 (= 単位推進剤重量あたりに獲得できる運動量) が期待できるという理由から液体酸素を酸化剤として選定したが、極低温液体である液体酸素の供給システムを小型機体に組み込むのは容易ではない。極低温用バルブ一つとっても汎用バルブに比べ大型である。また、CAMUI 方式では従来型と異なり燃焼室壁面が火炎に晒されるため、燃焼室壁面を冷却する必要がある。つまり、極低温液体による再生冷却方式を備えた供給システムを、小型ロケッ

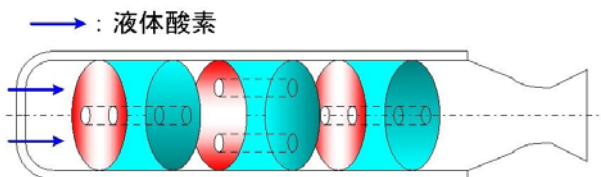


図 2 CAMUI 型ハイブリッドロケットの概念図

トに組み込む必要があるということである。この課題を解決するため、図 4 に示すような方式を考案した。液体酸素タンクは、燃焼室の周囲に円環状に配置されている。液体酸素タンク内側壁面と燃焼室壁面との間が液体酸素流路となっている。液体酸素はタンク底部のオリフィスを通してこの流路に流れ込み、燃焼室壁面を冷却しながら上方に流れ、噴射器から燃焼室へと噴射される。液体酸素タンクから燃焼室に至る流路にはバルブは存在せず、再生冷却流路も極めて簡素化されている。液体酸素の液面は噴射器よりも下方に位置するため、液体酸素タンクを加圧しない限り液体酸素が燃焼室に供給されることは無い。コップに水を入れてストローを挿しているのと全く同じである。コップにバルブはついていないが、水は漏れない。ストローから吸い出せば水が流出し始める。吸出しにより液体酸素の流れを制御するのであれば、室温の気体をバルブで制御すれば可能だ。それならいくらでも小さい既製品のバルブが手に入る。加圧用のヘリウムタンクは三方弁を介して液体酸素タンクと繋がっており、供給開始前はガス化した酸素を燃焼室に排気することにより液体酸素タンクの圧力が上昇するのを防いでいる。バルブは高圧ヘリウムガスによる加圧供給を制御する三方弁のみである。本方式により 2002 年に打上げられた機体は、外径 89 mm、全長 1600 mm、全備重量 10.5 kg であった。世界最小の液体酸素再生冷却ロケットの誕生である。

燃焼開始の手順は以下のようになる。ガス化し

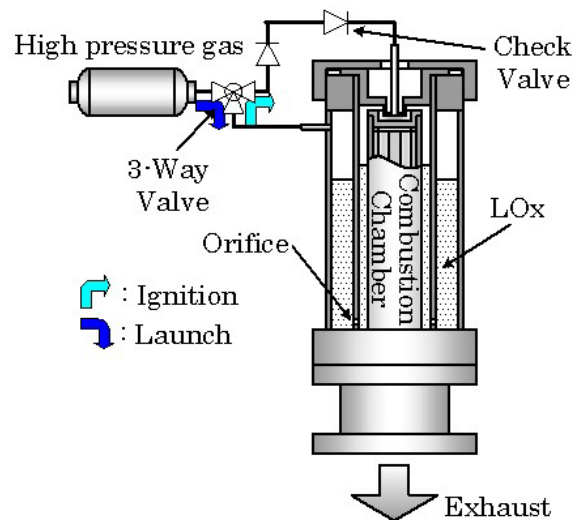


図 3 バルブレス液体酸素供給システム

た酸素は燃焼室に排気されており、燃焼室はガス酸素で満たされている。このため、初段ブロックの前端面に取り付けられているニクロム線を通電加熱することにより、容易に点火することができる。このとき、酸化剤（酸素ガス）は自然蒸発により供給されているだけなので、推力はほとんど発生しない。点火を確認した後、三方弁を切り替え、ガス化酸素を燃焼室に排気するラインを閉じると同時に高圧ヘリウムタンクから液体酸素タンクに通じるラインを開くと、液体酸素の供給が開始される。実機の場合はこれが打上げの瞬間となるので、この三方バルブのことを著者らは打上げバルブと呼んでいる。バルブ切り替えにより推力は速やかに立ち上がり、定常燃焼に移行する。

3. 技術実証モデル大型モータの開発

モータの形状を相似形、燃焼室圧力を一定とした場合、推力はスケールの二乗に比例する。50 kgf 級モータの燃焼室内径は 50 mm であったが、これを 140 mm まで拡大した定格推力 400 kgf 級モータの開発が 2005 年度から始まった。高度 60 km の成層圏上層への到達を可能とするモータの技術実証を目的として、2006 年 3 月に高度 10 km の打上げ試験を実施することを目指した。フライトモデルモータ (FM) の開発に先立って、技術実証モデルモータ (EM) による地上燃焼実験を蓄積した。装置の概要を図 4 に示す。フライトモータとの相違点は、液体酸素タンクの位置と冷却の方法である。燃焼室の周囲ではなく、別置きのタンクとなっている。冷却は液体酸素による再生冷却ではな

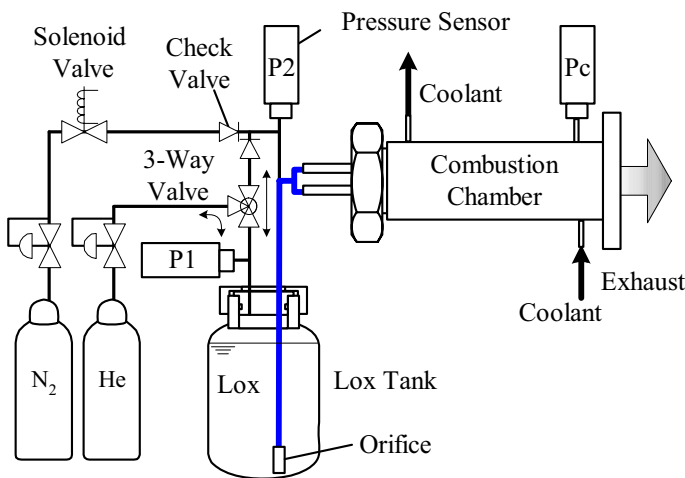


図 4 EM モータ燃焼試験装置の概要

く、水冷式とした。いずれも、運用を簡便化して実験データの蓄積を進めるためである。燃焼実験は 2005 年 9 月から 11 月にかけて 10 回実施され、全て成功裏に終了した。

4. 異常燃焼の発生とその対策

CAMUI 型ロケットの推力が立ち上がるのは、打上げバルブを切り替えて液体酸素の供給を始めた直後である。速やかに定格推力まで立ち上がるのが通例であるが、起動直後に燃焼室圧力が定格値の倍以上までオーバーシュートする例が、従来から確率的に見られた。推力 50 kgf 級の小型モータでは、燃焼室を頑丈にすることにより異常燃焼をある程度許容することが可

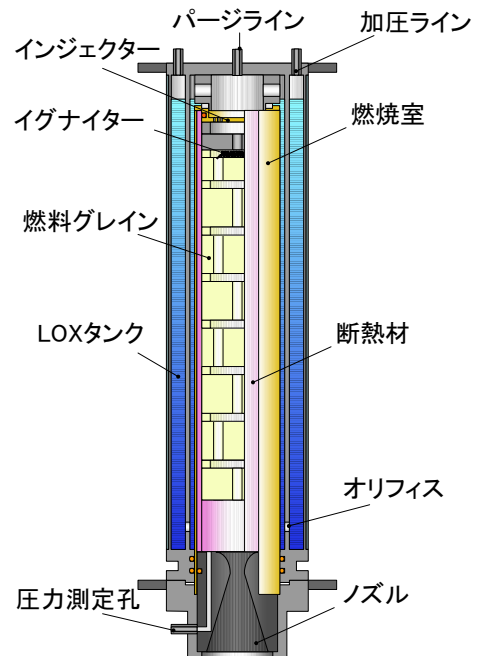


図 5 400 kgf 級 FM モータの詳細

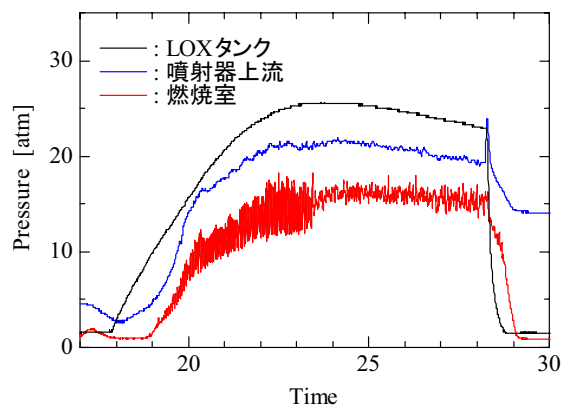


図 6 安定燃焼時の圧力履歴の一例

能であったが、大型モータでこの問題が顕在化した。EM モータでは異常燃焼の発生が皆無であったが、2006 年 2 月、液体酸素により冷却を行う FM モータでの燃焼実験に移行すると、異常燃焼が頻発するようになった。FM モータの詳細を図 5 に示す。基本的な構成は 50 kgf 級 FM モータから変更されていない。燃焼時の圧力履歴の一例を図 6 に示す。起動直後に圧力振動が見られるものの、異常燃焼は発生していない。

異常燃焼が起きた場合、打上げバルブを切り替えてから 1~2 秒後に燃焼室圧力が急上昇を始め、100 気圧を突破してモータの破損に至る。異常燃焼により破損したモータの外観を図 7 および図 8 に示す。この時の圧力履歴を図 9 に示す。最大圧力は圧力センサの定格である 10 MPa を突破している。圧力上昇時の履歴の詳細を図



図 7 異常燃焼後の噴射器周辺の外観



図 8 異常燃焼後のモータの外観

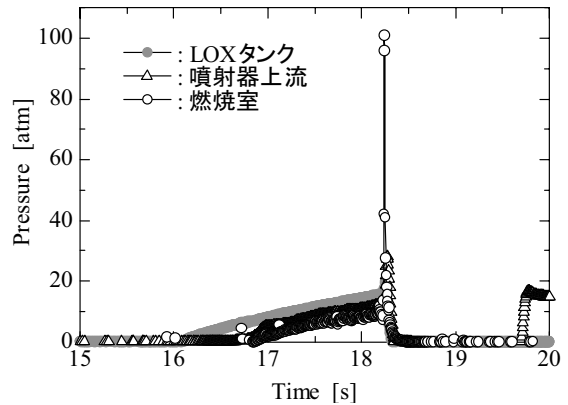


図 9 異常燃焼発生時の圧力履歴の一例

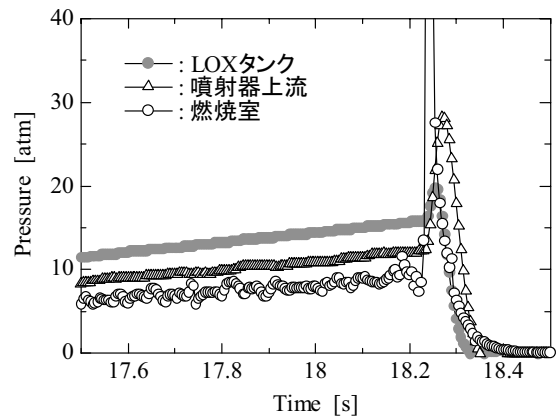


図 10 異常燃焼発生時の圧力履歴の詳細

表 1 地上燃焼実験の経緯 (その 1)

回	日付	不具合対策	LOX 充填量	結果
1	2/4	—	充填失敗	LOX 充填失敗
	2/8	・噴射器の穴径を変更	Full	充填試験成功
2	2/14	—	Full	ボルト破断
	2/23	・ボルトを SUS に変更 ・ノズルを塞いで急速充填	Full	異常燃焼
4	2/28	・噴射器上流の流路形状を変更	2/3	安定燃焼
5	3/6	・アルミ製フライトモデルを製作	Full	異常燃焼
6	3/11	・噴射器の固定方法を変更 ・ノズル周りのシール方法を変更 ・LOX 流路から O リングを排除	不明 (Full ではない)	内管下部の溶接破断, 燃焼は安定
		・噴射器シール部の遊び許容量を増大		
7	3/18	・上記と同じ	4/5	安定燃焼
8	3/19	・上記と同じ	Full	異常燃焼

10 に示す。燃焼室圧力が最初に上昇していることから、燃焼室内での異常な圧力上昇が上流に波及していることが判る。

燃焼実験の経緯を表 1 にまとめる。水冷式 EM モータでは異常燃焼が起こらないことから、CAMUI 方式特有の現象ではなく、EM モータと FM モータの違いのいずれかが原因であることは明らかである。試行錯誤により原因を究明する作業となった。43 日間に 6 機のフライトモータを製作し、8 回の実験を実施し、5 機を異常燃焼により失った。3/11 の実験失敗により、3/18 に予定していた打上げ実験の延期を決めた。

6 回目の試験までのうち、燃焼継続に成功した 2 回（第 4 回および 6 回）に共通して液体酸素充填量が Full ではなかったことに着目し、7 回目と 8 回目では液体酸素の充填量を変化させ、それ以外の条件は同じとした。充填量を減らすと液体酸素タンク内のガス体積（アレージ体積）が増大し、起動時の液体酸素タンク圧力の増加率が変化する。これが起動時の液体酸素流量履歴に影響を及ぼし、異常燃焼の有無を分けているのではないかと。実験の結果、8 割充填とした第 7 回では安定燃焼が得られ、Full 充填とした第 8 回では異常燃焼が発生した。この結果から、液体酸素の充填量を管理することにより起動時の液体酸素流量履歴を調整することが、異常燃焼の回避に有効である可能性が高いという結論を得て本シリーズの燃焼実験を終了し、小型スケールモータを用いて液位と燃焼安定性の相関を確認することとした。尚、本シリーズの様子は NHK 北海道により取材され、2006 年 4 月 7 日、「北海道ひと物語」という番組で放映された。

1/2 スケール、推力 90 kgf 級小型モータによる確認実験は 2006 年 6 月に実施された。LOX

表 2 地上燃焼実験の経緯（その 2）

回	日付	結果
1	6/19	安定燃焼。7/30（土）の打上げ試験実施を決定。
2	6/26	安定燃焼
3	6/26	異常燃焼が発生。
4	7/4	異常燃焼。噴射器に漏れを確認。
5	7/17	改善後の噴射器でも異常燃焼。
6	7/22	点火の手順を改めるも異常燃焼。30 日の打上げ試験延期を決定。

充填量を管理することによる異常燃焼の回避に成功し、これにより、大型化開発を再開することとした。

5. 異常燃焼の再発と原因究明

フルスケール FM 燃焼実験は 2006 年 6 月 19 日に再開された。予想通りに安定した燃焼が得られ、この結果を受けて 7/30 の打上げ実証試験実施を決定した。翌週の実験でも安定燃焼が得られたが、同日に行われた 3 回目の実験で異常燃焼が再発した。予想外の事態であった。その後の 3 回の試験全てで異常燃焼が発生するに至り、打上げ実証試験の無期限延期を決めた。本シリーズの経過を表 2 にまとめる。この様子は TBS テレビにより取材され、2006 年 8 月 27 日、「夢の扉」という番組で放映された。

6. 新生 CAMUI モータの開発

再度の打上げ試験見送りを受け、1/2 スケールモータによる原因究明を徹底することとした。水冷式 EM モータでは異常燃焼が全く発生しないことから、異常燃焼は CAMUI 方式特有の現象ではない。EM モータと FM モータの差異のいずれか

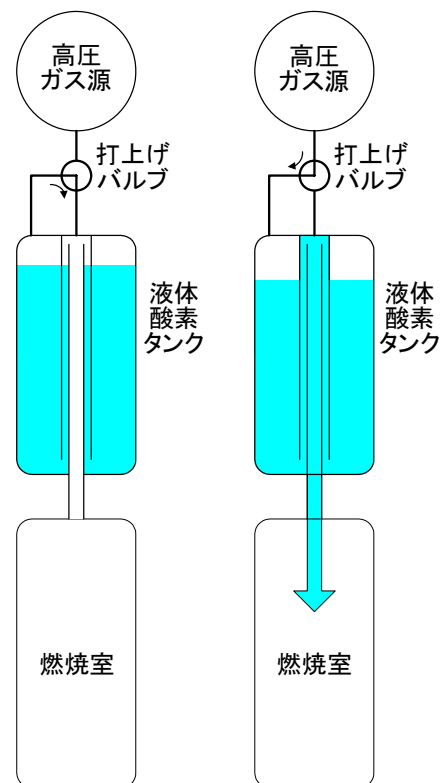


図 11 バルブレス液体酸素供給系の見直し

が発生原因であることは明らかであるが、噴射器およびノズルのシールや固定方法にはこれ以上改善の余地が無かった。EM に比べて断熱が難しい FM では LOX の気化量が多く、LOX 供給開始時の火炎の勢いが強いが、この点を改善した第 6 回燃焼試験でも異常燃焼が発生した。点火時の固体燃料の温度が最後の可能性として残り、これを確認する実験を 9 月に実施した。実験の結果、液体酸素供給開始時の固体燃料の温度が異常燃焼の発生原因である可能性が高いという結論を得た。

液体酸素を充填するためには容器を極低温まで冷却する必要があるが、FM モータの場合、燃焼室に充填されている燃料も含めて極低温まで冷却される。EM モータでは液体酸素タンクが燃焼室から分離されているため、燃料は室温のままである。極低温に冷却したプラスチックに点火してから液体酸素を供給すると異常燃焼が起こる、ということである。そのメカニズムはまだ解明されていないが、液体酸素と固体燃料表面との間に必ず蒸気層が存在するライデンフロスト点以上の温度であれば、安定した拡散火炎がどこかに形成され、異常燃焼が発生しないということではないかと考えている。

液体酸素充填時の燃料の冷却を避けるため、二重円管式液体酸素タンクを改めることにした。一方で、バルブレス供給方式は維持したい。検討の結果、図 11 に示すような供給系を考案した。液体酸素タンクの内部には、上面から下方に伸びる内管と、下面から上方に伸びる流出管が取り付けられている。タンクから燃焼室に至る流路にはバルブが存在しないが、流出管の上端が液面よりも上にあるため、加圧しない限り液体酸素は燃焼室に

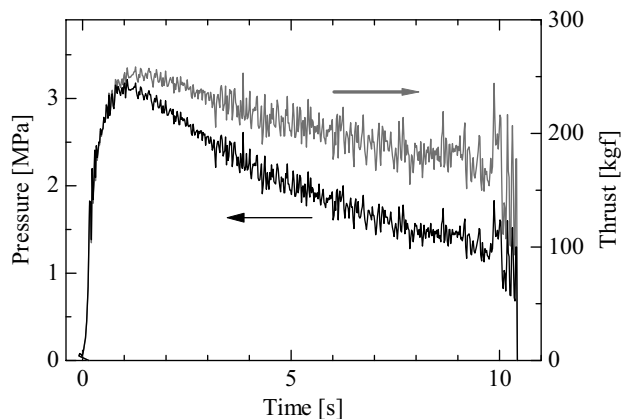


図 12 250 kgf 級 FM モータの圧力・推力履歴

流出しない。三方弁により液体酸素供給の ON/OFF を行うのは従来の通りである。液体酸素による再生冷却は困難になったが、当面は燃焼室内壁にアブレータを貼り付けることで熱防御を行うこととした。この方式に改めて以来、異常燃焼の発生は皆無となった。1/2 スケール FM モータによる地上燃焼実験を蓄積し、2006 年 12 月 23 日には 90 kgf 級モータによる高度 1000 m の打上げ実証試験に成功した。

異常燃焼対策の成功を受けて大型化を再開し、推力 250 kgf 級 FM モータを開発した。2007 年 5 月 30 日に最初の地上燃焼実験に成功し、7 月 27 日までに 16 回の燃焼実験を蓄積した。得られた燃焼室圧力履歴および推力履歴の一例を図 12 に示す。8 月 4 日には全長 4.8 m、全備重量 50 kg の機体を北海道大樹町の海岸から海に向かって打上げ、高度 3.5 km、ダウンレンジ 5.5 km への到達を確認した。打上げの様子を図 13 に示す。打上げまでの様子は多くのメディアで取り上げられた。特に TBS 系「夢の扉」では 2006 年 8 月の続編として取材が継続され、2007 年 10 月 7 日に放映された。

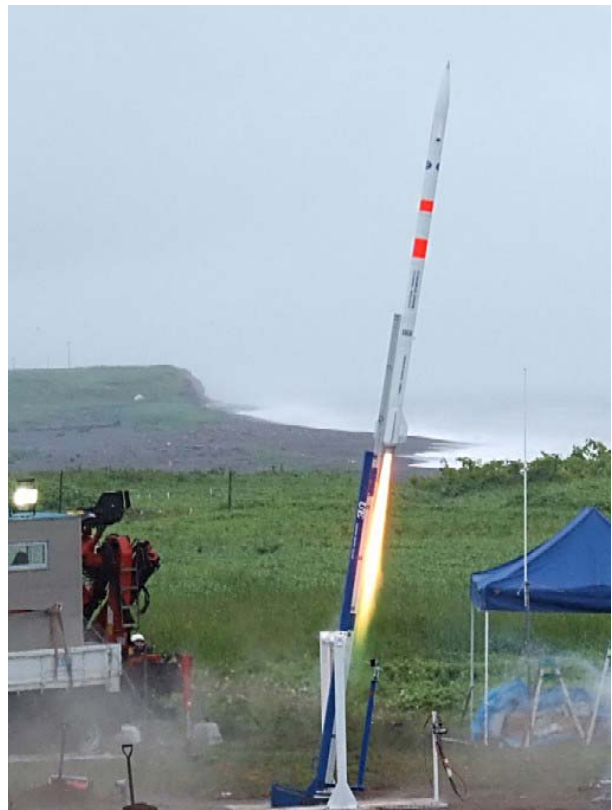


図 13 250 kgf 級打上げ実証試験の様子

謝辞

これまでの打上げ実験にあたっては、首都大学東京の湯浅先生および同研究室の各位、北海道大樹町の皆様から多大なご支援を頂いた。各種計測機器の開発等では、北海道工業大学の豊田先生、大滝先生、三橋先生、佐鳥先生、および各研究室の学生諸君に担当頂いてきた。2004年から連携が始まった(株)植松電機には、機体から実験装置まで全て手弁当での製作や燃焼実験場の提供等、産学連携の概念を超えた絶大な協力を頂いている。また、CAMUI ロケットはこれまで卒業論文、修士論文、博士論文のテーマとして本開発に携わってきた歴代の学生諸君の成果でもある。寝食を惜しんで研究開発に携わって来てくれた彼らの努力無くしては、今日の成果は有り得ない。各位のご協力をここに記し、心からの感謝の気持ちとしたい。

CAMUI ロケット開発の一部は、経済産業省、地域新生コンソーシアム研究開発事業「ハイブリ

ッドロケットによる成層圏観測、微小重力環境提供事業の創出」の一部として実施された。また、NPO 法人「北海道宇宙科学技術創成センター(HASTIC)」および「大学宇宙工学コンソーシアム (UNISEC)」活動の一部としても実施され、現在はHASTICが打上げ機体の運用を担当する体制となっている。ここに謝意を表したい。

参考文献

- [1] Altman, D., 27th AIAA/ASME/SAE/ASEE Joint Propulsion Conference and Exhibit, CA, 1991, AIAA 91-2515.
- [2] Nagata, H., Okada, K., San'da, T., Akiba, R., Satori, S., Kudo, I., 49th International Astronautical Congress, Melbourne, 1998, IAF-98-S.3.09.
- [3] 渡辺, 中山, 永田, 戸谷, 工藤, 伊藤, 大和田, 日本マイクログラビティ応用学会誌, Vol. 19, No. 2, pp. 112-116, 2002.

『長生き』が地球を滅ぼす—現代人の時間とエネルギー—を読んで

Review of a book about "time" and "energy" of a man of today

長谷川 達也 (名古屋大学)

Tatsuya HASEGAWA (Nagoya University)

e-mail: t-hasegawa@esi.nagoya-u.ac.jp

1. はじめに

本書[1]のセンセーショナルな題目に目を引かれた。著者が言いたいのは現代人の時間（寿命）やエネルギー消費が動物としてのヒトの生物的時間（寿命）や生物的エネルギー消費といかにかけ離れているかということである。著者は動物学者で、動物の体重と心周期、エネルギー代謝の関係などについての動物学の成果を用いて、エネルギー問題や高齢化社会を考察している。以下では時間とエネルギーに関わる部分について紹介したい。

2. 「時間」について

動物の体重 W [kg] と心周期 T [sec] は以下の関係で表される。

$$T=0.25W^{0.25} \quad (1)$$

ヒト (60 kg) の心周期は 1 sec だが、ゾウ (1t) の心周期は 3 sec, ハツカネズミ (30g) は 0.1 sec と言うことになり、動物によって心周期が違う。著者はこのことから動物によって時間の過ぎ方が違うと言う。つまり大きい動物は時間がゆったりと過ぎ、小さい動物は時間が早く過ぎる。この説は同著者の「ゾウの時間 ネズミの時間」ですでに知られている。実際、子供のころ 1 日が長く感じられた経験があるが、これも心周期と関係がありそうである。また小学校の授業は 45 分なのに大学の授業は 90 分であることも理解できる。

次に体重 W [kg] と寿命 T_L [year] は以下の関係で表される。

$$T_L=11.6W^{0.20} \quad (2)$$

したがって体重が重いほど長寿である。ヒトサイズの動物 (体重 60 kg) の寿命は上式から求めると 26.3 年しかない。実際には縄文時代の寿命がそれ

にはほぼ対応するそうだが、江戸時代には 45 年、昭和 22 年で 50 年、昭和 27 年で 60 年、現在は 80 年になっている。高齢化はこの 50 年程で起きた現象であることがわかる。

3. 「エネルギー」について

体重 W [kg] と標準代謝率 (エネルギー消費率) E [W] は以下の関係で表される。

$$E=4.1W^{0.75} \quad (3)$$

すると、ヒトサイズの動物の標準代謝率は 88.8 W (実際のヒトは 73.3 W) となる。

上式を体重 W [kg] で割ると比代謝率 (1 kg あたりの標準代謝率) E_{sp} [W/kg] が得られる。

$$E_{sp}=4.1W^{-0.25} \quad (4)$$

比代謝率は体重が重いほど小さくなる。つまり、大きい動物ほどエネルギー効率が良くなることになる。これはエンジンやガスタービンなどの機械にも当てはまる現象である。

さらに体重 W [kg] と摂食率 I [W] は恒温動物では以下のような関係にある。

$$I=10.7W^{0.7} \quad (5)$$

ヒトサイズの動物の摂食率は 190 W (実際のヒトでは 121 W) となる。標準代謝率 E は摂食率 I の約半分である。

現代日本人のエネルギー消費量は一人あたり 5450 W (2002 年), 摂食率と合わせると 5571 W である。明治 10 年代ではエネルギー消費量は一人 200 W だったそうだから、現在の日本人は明治初期の 27 倍のエネルギーを使っていることになる。また摂食率は 121 W だから実にその 45 倍のエネ

ルギーを使っている。エネルギー消費+摂食率=5571 W の半分 2786 W が「社会人の標準代謝率」だとすると、これに対応する動物の体重は式(3)に基づいて計算すると 6 t にもなる。

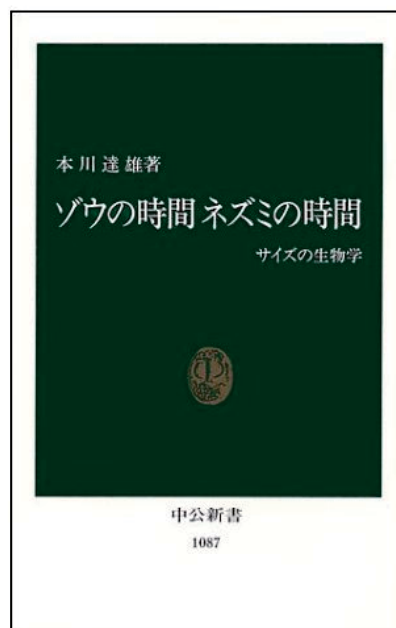
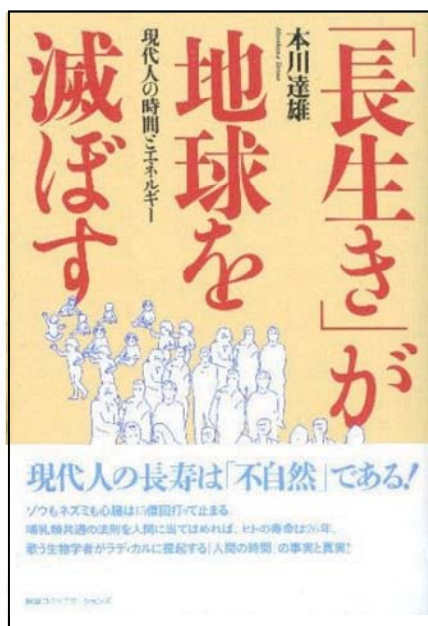
著者は一人あたりの消費エネルギーは摂食率の 10 倍までにすべきだとする。動物では 1 桁が質の違いを示すからである (ウェーバー・フェヒナーの法則)。すると一人あたりの消費エネルギーは 1210 W となり、現在の 5 分の 1 程度のエネルギー消費量となる。この値は、「2050 年までに世界全体の CO₂ 排出量を 50% 削減することを達成するには、日欧では CO₂ 排出量を 5 分の 1 に減らす必要がある」と言う主張 (ブレア英国前首相, 日経新聞 2008 年 3 月 26 日) と一致しているのが面白い。

4. おわりに

以上で紹介を終えると、書名の『長生き』が地球を滅ぼす」はどうなったのだと言うお叱りを受けそうである。要するに現代の長寿は食糧事情の改善、医療の発達などエネルギーを消費することで動物の寿命を超越して実現したものであると言う示唆である。本書の後半には「老いを生きるヒント」など生き方などについての話もあり、現代社会に対する示唆に富んだ考察に溢れた本である。一読をお薦めしたい。

参考文献

- [1] 本川達雄, 「長生き」が地球を滅ぼす - 現代人の時間とエネルギー, 阪急コミュニケーションズ (2006).



本の表紙写真はインターネット(Amazon)から借用いたしました。また、関連する書籍も併せて並べてみました。

Andrew Parker 著「眼の誕生」^[1]
In the Blink of an Eye

加賀 邦彦 (三菱電機)

Kunihiko Kaga (Mitsubishi Electric Corporation)

e-mail: Kunihiko.Kaga@cw.MitsubishiElectric.co.jp

カンブリア紀に起きた生物の爆発的な多様化については、スティーブン・ジェイ・グールドの著作「ワンダフル・ライフ」^[2]をはじめとして一般向けの書物などでよく知られているところだ。当時の生物が化石として豊富に眠るバージェス頁岩は古生学者にとってはまさに宝の山である。

ここで紹介するアンドリュー・パーカーの「眼の誕生」は、このカンブリア紀の爆発的多様化の謎解きを試みた興味深い書物である。伝熱と古生物学となんの関係がといぶかしむ方もあるかと思うが、タイトルの「眼の誕生」を一瞥されれば、ぴんと来られる方も多いのではないだろうか。初版の発売は2006年3月なのでお読みになられた方もおられようが、そうでない方にはネタばらしのようになるのでタイトルに興味を引かれた場合はすぐに書店に走られることをお勧めする。

生物の爆発的な多様化というとき、著者のパーカーがまず強調するのは基本的な体内の体制が多様化したのではなく体内の体制が共通で外部形態が一気に多様化したという点だ。つまり“見た目”が変わったということで、その原因は“眼の誕生”と、気の急く小生は章を飛ばして先を読みたくなるが著者は慎重に、慎重に論を進める。まずは生命進化の歴史をゆっくりと説明し、そのあと現在の生物の“見た目”の多様性について長い例証が続く。

日の光の下で生物はいろいろな色彩と形態を獲得した。色素による彩色に加えて体の表面に多層の薄膜や微細な繰り返し構造によって光り輝く“構造色”が生物に単に多彩さを加えるのみならず、その生存にとって重要な役割を果たしていると説く。つまり“構造色”を発する“微細構造”を獲得する方向に強い淘汰圧が働いたというのである。この“微細構造”は多層反射膜や回折格子である。ふく射伝熱に携わる方には特になじみ深い構造である。生物の表面に可視光の波長のオーダ

一の精密な微細構造を多様に進化させたということ自体、驚嘆を禁じえない。著者が構造色に注目するのはもちろん化石として保存される可能性が高いからである。そして実際、バージェス頁岩から掘り出された化石を顕微鏡で見るとミクロン単位のみごとな微細構造が見出されるというのである。5億4000万年前の生物は日の光を受けて虹色に輝いていた。

そして、いよいよ“眼の誕生”である。ここでも著者はまず、いわゆる像を結ぶ眼の定義につき厳密さを求める。単なる受光器（明るさを検知するセンサー）は眼ではない。あくまでも多数の受光細胞の上に像を結ぶレンズ眼か複眼である。生物は“眼”を得ることで初めて世界を見た。そしておいしそうな食べ物や恐ろしい天敵も、そのとき初めて見たのである。眼を獲得した生物は天敵からの眼くらましのため、あるいは交尾を成功させるため多様な外殻と多彩な色彩を獲得していった。

一体、眼はいつ誕生したのか？これが次の謎解きである。著者の研究によれば、その鍵はメジャーな古生物を詳細に調べることで明らかとなる。カンブリア期初期の（地球の歴史から見れば）ごく短い間に眼が出来上がったというのだ。

最後の疑問はなぜ、生物は急に眼を得たのか？である、残念ながらこの疑問は生物学者の範疇を超えているようで、いくつかの可能性が示唆され締めくくられている。最後はすこし尻すぼみな感が禁じえない。まあしかし、“光によって眼を得る”“という、ある意味でごく素人的な推論からつむがれているこの壮大な物語を、”研究開発においても重要な視点だ“などと深刻ぶらずに素直に楽しむべきと思う。

参考文献

[1] 訳：渡辺政隆，今西康子，草思社，2006

[2] 訳：渡辺政隆，早川書房，2000

行事カレンダー

本会主催行事

開催日		行事名	申込締切	原稿締切	問合せ先	掲載号
2008年						
5月	21日(水) ～ 23日(金)	第45回日本伝熱シンポジウム	'08.1.20	'08.3.13	第45回日本伝熱シンポジウム実行委員会 東京理科大学工学部機械工学科内 E-mail: nhts45@rs.noda.tus.ac.jp 委員長 河村 洋, 事務局長 川口靖夫	
9月	17日(水) ～ 19日(金)	2nd International Forum on Heat Transfer (IFHT2008)	'07.12.31	'08.5.31	Professor Masaru Ishizuka, Dept. of Mechanical Systems Engineering Toyama Prefectural University, 5180 Kurokawa, Imizu, Toyama 939-0398, Japan TEL: 81-766-56-7500 Ext.387, FAX: 81-766-56-6131 E-mail: ishizuka@pu-toyama.ac.jp	

本会共催, 協賛, 後援行事

開催日		行事名	申込締切	原稿締切	問合せ先	掲載号
2008年						
4月	16日(水) ～ 18日(金)	【第8回】2008 熱設計対策技術シンポジウム	'08.2.7		社団法人日本能率協会 開発・技術振興本部 熱設計・対策技術シンポジウム事務局 中澤・加藤 〒105-8522 東京都港区芝公園 3-1-22 TEL03-3434-1410 FAX03-3434-3593	
4月	23日(水) ～ 25日(金)	第42回空気調和・冷凍連合講演会	'08.1.15	'08.2.29	社団法人空気調和・衛生工学会 事業グループ 半田 務 〒160-0074 東京都新宿区北新宿 1-8-1 中島ビル3階 TEL 03-3363-8261 FAX 03-3363-8266 E-mail: handa@shase.or.jp	
5月	19日(月) ～ 21日(水)	第13回日本計算工学会講演会	'08.1.31	'08.4.10	〒101-8449 千代田区神田錦町 3-24 住友商事神保町ビル(株)ICS コンベンションデザイン気付 日本計算工学会講演会事務局 TEL: 03-3219-3541 FAX: 03-3292-1811 E-mail: jsces@ics-inc.co.jp	
5月	27日(火) 28日(水)	可視化フロンティア「PIV/LIF(粒子画像流速計/レーザー誘起蛍光法)計測とポストセッシング」	'08.5.6		可視化情報学会事務局 〒114-0034 東京都北区上十条 3-29-20-103 TEL 03-5993-5020 E-mail info@vsj.or.jp	
5月	29日(木) 30日(金)	日本機械学会関西支部 第295回講習会	'08.2.22		社団法人 日本機械学会関西支部事務局 〒550-0004 大阪市西区靱本町 1-8-4 大阪科学技術センタービル内 TEL06-6443-2073 FAX06-6443-6049 E-mail: jsme@soleil.ocn.ne.jp	
6月	10日(火) ～ 12日(木)	第57回理論応用力学講演会	'08.2.21	'08.4.17	日本学術会議事務局参事官(審議第2担当) TEL/FAX: 03-3403-1056/1640 E-mail: s253@scj.go.jp"	
6月	18日(水) ～ 20日(金)	e-Therm 2008 (1st International Symposium on Thermal Design and Thermophysical Property for Electronics)	'08.1.15	'08.4.25	〒305-8563 茨城県つくば市梅園 1-1-1 中央第3 独立行政法人 産業技術総合研究所 計測標準研究部門 物性統計科 担当: 宮崎綾子 TEL/FAX: 029-861-4166/4039 E-mail: e-therm@m.aist.go.jp	
6月	30日(月) ～ 7月2日(水)	日本実験力学会 2008年度年次講演会	'08.4.30	'08.5.7	北海道大学大学院歯学研究科口腔機能学 講座リハビリ補綴学教室 大畑 昇 〒060-8586 北海道札幌市北区北 13 条西 7 丁目 TEL 011-706-4275 FAX 011-706-4276 E-mail: oohata@den.hokudai.ac.jp	
7月	22日(火) 23日(水)	第36回可視化情報シンポジウム	'08.3.7	'08.5.16	社団法人 可視化情報学会 事務局局長 柿沼 肇 〒114-0023 東京都北区上十条 3-29-20-103 TEL 03-5993-5020 FAX 03-5993-5026 E-mail info@vsj.or.jp	

行事カレンダー

8月	8日(金) ～ 10日(日)	日本混相流学会年会講演会 2008	'08.2.4 ～ 3.31	'08.6.6	〒965-8580 会津若松市一箕町鶴賀 会津大学 コンピュータ理工学部 日本混相流学会年会講演会 2008 実行委員 会事務局 担当: 兼本茂 TEL/FAX: 0242-37-2501/2745 E-mail: kanemoto@u-aizu.ac.jp Web: http://toptor.co.jp/conv/3218/jsmf2008/
8月	9日(土)	第27回混相流シンポジウム			〒965-8580 会津若松市一箕町鶴賀 会津大学 コンピュータ理工学部 日本混相流学会年会講演会 2008 実行委員 会事務局 担当: 兼本茂 TEL/FAX: 0242-37-2501/2745 E-mail: kanemoto@u-aizu.ac.jp Web: http://toptor.co.jp/conv/3218/jsmf2008/
9月	4日(木) ～ 7日(日)	日本流体力学会年会 2008 および 40周年記念講演会	'08.5.23		152-0011 東京都目黒区原町 1-16-5 社団法人日本流体力学会 TEL 03-3714-0427 FAX 03-3714-0434 E-mail: jsfm@rf7.so-net.ne.jp
10月	8日(水) ～ 10日(金)	第29回日本熱物性シンポジウム	'08.6.20	'08.8.22	〒112-8681 東京都文京区目白台 2-8-1 日本女子大学理学部 数物科学科上川井研究室 事務局 田中明美 TEL 03-5981-3603 e-mail: akemi@fc.jwu.ac.jp
12月	9日(水)～ 13日(土)	IUMRS アジア国際会議 2008	'08.6.30		名古屋市千草区不老町 名古屋大学大学院光学研究科 化学・生物工学専攻 太田裕道 TEL 052-789-3202 FAX 052-789-3201 e-mail: h-ohta@apchem.nagoa-u.ac.jp
12月	17日(水) ～ 20日(土)	Second International Conference on Thermal Issues in Emerging Technologies Theory and Application TheETA2	'08.6.2		Cairo, Egypt http://www.thetaconf.org./index.htm

第 45 回日本伝熱シンポジウムのご案内

開催日：平成 20 年 5 月 21 日（水）～ 5 月 23 日（金）

シンポジウムテーマ： - 熱・サイエンス・ひと・未来 -

会場：つくば国際会議場

（秋葉原からつくばエクスプレス線快速で 45 分 + 徒歩 10 分）

（〒305-0032 茨城県つくば市竹園 2-20-3, Tel. 029-861-0001, <http://www.epochal.or.jp/>）

特別講演：宇宙飛行士 毛利衛氏「宇宙から見た新しい地球圏」(大ホール：5 月 23 日 11:00～12:30)

会長セッション：柘植綾夫会長「日本伝熱学会の社会的使命と体制」(中ホール 300:5 月 22 日 16:20～16:55)

総会：中ホール 300 : 5 月 22 日 17:00～18:20

懇親会：多目的ホール : 5 月 22 日 18:40～20:40

ホームページ URL：<http://www.rs.noda.tus.ac.jp/~nhts45/index.html>

シンポジウムの形式

・講演発表形式として、

a) 通常の一般セッション（口頭発表）

b) 特別セッション（オーガナイズド形式の口頭発表）

c) 学生および若手研究者を対象とする優秀プレゼンテーション賞セッション（短時間の口頭発表とポスター発表）

を実施します。

参加登録と参加費用等：

・事前申込みは 4 月 18 日で締め切りました。振込は、4 月 25 日までです。それまでに振り込んでいただけなかった場合は、参加費、懇親会費とも会場申込料金を適用し、当該金額または差額を会場にて申し受けることとさせていただきます。

・事前申込期限の 4 月 18 日（金）以降でも、Web ページからの参加登録にご協力をお願いいたします。例年のように、シンポジウム当日の参加申込みもできます。

・シンポジウム参加費

一般（事前申込：10,000 円、会場申込：12,000 円） 学生（事前申込：5,000 円、会場申込：6,000 円）

・講演論文集

伝熱学会会員：無料（電子版は J-STAGE 上で事前に公開します。印刷版・CD-ROM はシンポジウム参加者に当日配布いたします。非参加の会員のうち希望者には CD-ROM を事後に郵送しますので、開催後一ヶ月以内に、学会事務局にメールでお申し込みください。その際は氏名・送付先を明記してください。）

非会員：8,000 円（伝熱学会に入会される場合は（当日受付での入会を含む）、無料になります。）

本シンポジウムの講演論文は、シンポジウム参加者および日本伝熱学会会員（2008 年度会員）の皆様は J-Stage のサイトを通じて公開されます。公開日は 2008 年 5 月 14 日（水）です。特許に関わる公知日もこの日になります。

J-Stage 上の電子版論文集は、日本伝熱学会 日本伝熱シンポジウム 第 45 回伝熱シンポジウム講演論文集（電子版）で J-Stage の当該ページに入り、下記の購読者コードとパスワードを用いてダウンロードすることができます。なお、このサイト上での論文公開は、従来行って参りました日本伝熱学会会員への郵送による講演論文集 CD-ROM の事前配布に代わるものです。

J-Stage：購読者コード：*****，パスワード：*****

・懇親会参加費：

- 一般（事前申込: 8,000 円, 会場申込: 10,000 円. 同伴配偶者無料）
- 学生（事前申込: 4,000 円, 会場申込: 5,000 円）

交通と宿泊について：

- ・シンポジウム開催時期は行楽シーズンと重なり、直前の宿の予約が困難になると予想されます。お早めの手配をお勧めいたします。交通と宿泊につきましては、シンポジウムホームページをご参照ください。

ご注意：

- ・口頭発表用として実行委員会が準備する機器は、原則として液晶プロジェクタのみとさせていただきます。パーソナルコンピュータは各自ご持参ください。
- ・参加登録費、懇親会費等は取消の場合でも返金いたしません。
- ・会期中の安全には十分注意を払いますが、原則として、参加者の責任でご参加下さい。
- ・変更事項については随時ホームページに掲載していきますので、ホームページにご注意ください。
- ・その他ご不明な点がありましたら、下記の実行委員会事務局に FAX または E-mail でお問い合わせください。

お問い合わせ先：

第 45 回日本伝熱シンポジウム実行委員会
東京理科大学理工学部機械工学科内
FAX: (04) 7123-9814
E-mail: nhts45@rs.noda.tus.ac.jp

第 45 回日本伝熱シンポジウム実行委員会
委員長 河村 洋
事務局長 川口靖夫

第1日 (5月21日)

第45回日本伝熱シンポジウム[つくば]										タイムテーブル[第1日目:5月21日]																																																																					
A室	B室	C室	D室	E室	F室	G室	H室	I室	J室	A室	B室	C室	D室	E室	F室	G室	H室	I室	J室																																																												
A11 OS: 明日を担う 原子力-熱流動 研究の現状-1 9:30-10:50	B11 生産・加工プロ セス 9:30-10:50	C11 マイクロ伝熱1 9:30-10:50	D11 微小重力下の 流動と伝熱 9:30-10:50	E11 燃焼および反応 プロセスにおけ る伝熱1 9:30-10:50	F11 乱流構造と伝熱 1 9:30-10:50	G11 ヒートポンプ・冷 凍・空調1 9:30-10:50	H11 ヒートパイプ・熱 サイフォン1 9:30-10:50	I11 計測技術1 9:30-10:50	J11 融解・凝固1 9:30-10:50	A12 OS: 明日を担う 原子力-熱流動 研究の現状-2 11:00-12:15	B12 回転場の流動と 伝熱 11:00-12:40	C12 マイクロ伝熱2 11:00-12:20	D12 凝縮 11:00-12:40	E12 燃焼および反応 プロセスにおけ る伝熱2 11:00-12:20	F12 乱流構造と伝熱 2 11:00-12:20	G12 ヒートポンプ・冷 凍・空調2 11:00-12:20	H12 ヒートパイプ・熱 サイフォン2 11:00-12:40	I12 計測技術2 11:00-12:40	J12 融解・凝固2 11:00-12:40	A13 OS: 宇宙にお ける熱流体力問 題1 13:40-15:10	B13 OS: 明日を担う 原子力-熱流動 研究の現状-3 13:20-15:00	C13 マイクロ伝熱3 13:40-15:00	D13 蒸発伝熱 13:40-15:00	E13 燃焼および反応 プロセスにおけ る伝熱3 13:40-15:00	F13 乱流構造と伝熱 3 13:40-15:00	G13 ヒートポンプ・冷 凍・空調3 13:40-15:00	H13 ヒートパイプ・熱 サイフォン3 13:40-15:20	I13 計測技術3 13:40-15:00	J13 融解・凝固3 13:40-15:00	A14 OS: 宇宙にお ける熱流体力問 題2 15:20-16:20	B14 OS: 明日を担う 原子力-熱流動 研究の現状-4 15:10-16:30	C14 マイクロ伝熱4 15:10-16:10	D14 遷移沸騰・膜沸 騰 15:10-16:10	E14 燃焼および反応 プロセスにおけ る伝熱4 15:10-16:30	F14 乱流構造と伝熱 4 15:10-16:30	G14 ヒートポンプ・冷 凍・空調4 15:10-15:50	H14 多孔質体の伝 熱1 15:30-16:30	I14 熱物性値と測定 法1 15:10-16:30	J14 融解・凝固4 15:10-16:30											優秀ブレゼンテーション賞:ポスターセッション(多目的ホール) 17:40-19:00																				学生会交流会(多目的ホール) 19:10-20:10									
A13 OS: 宇宙にお ける熱流体力問 題1 13:40-15:10	B13 OS: 明日を担う 原子力-熱流動 研究の現状-3 13:20-15:00	C13 マイクロ伝熱3 13:40-15:00	D13 蒸発伝熱 13:40-15:00	E13 燃焼および反応 プロセスにおけ る伝熱3 13:40-15:00	F13 乱流構造と伝熱 3 13:40-15:00	G13 ヒートポンプ・冷 凍・空調3 13:40-15:00	H13 ヒートパイプ・熱 サイフォン3 13:40-15:20	I13 計測技術3 13:40-15:00	J13 融解・凝固3 13:40-15:00	A14 OS: 宇宙にお ける熱流体力問 題2 15:20-16:20	B14 OS: 明日を担う 原子力-熱流動 研究の現状-4 15:10-16:30	C14 マイクロ伝熱4 15:10-16:10	D14 遷移沸騰・膜沸 騰 15:10-16:10	E14 燃焼および反応 プロセスにおけ る伝熱4 15:10-16:30	F14 乱流構造と伝熱 4 15:10-16:30	G14 ヒートポンプ・冷 凍・空調4 15:10-15:50	H14 多孔質体の伝 熱1 15:30-16:30	I14 熱物性値と測定 法1 15:10-16:30	J14 融解・凝固4 15:10-16:30											優秀ブレゼンテーション賞:ポスターセッション(多目的ホール) 17:40-19:00																				学生会交流会(多目的ホール) 19:10-20:10																													
										優秀ブレゼンテーション賞:ポスターセッション(多目的ホール) 17:40-19:00																																																																					
										学生会交流会(多目的ホール) 19:10-20:10																																																																					

第 2 日 (5 月 22 日)

第45回日本伝熱シンポジウム[つくば]					タイムテーブル[第2日目:5月22日]				
A室	B室	C室	D室	E室	F室	G室	H室	I室	J室
A21 OS:水素エネルギーに関する要 素・システム技術(燃料電池、 水素製造他)1 9:00-10:50	B21 OS:宇宙における 熱流体問題3 9:00-10:20	C21 分子動力学1 9:00-10:20	D21 限界熱流束1 9:00-10:20	E21 燃焼および反応 プロセスにおける 伝熱5 9:20-10:20	F21 乱流のモデル 化と数値シミュ レーション 9:00-10:20	G21 自然エネルギー 利用1 9:00-10:20	H21 多孔質体の伝 熱2 9:00-10:20	I21 熱物性値と測定 法2 9:20-10:20	J21 自然対流1 9:00-10:20
A22 OS:水素エネルギーに関する要 素・システム技術(燃料電池、 水素製造他)2 10:50-12:10	B22 熱交換器 10:30-12:10	C22 分子動力学2 10:30-11:50	D22 限界熱流束2 10:30-12:10	E22 二相流の流動と 伝熱1 10:30-11:50	F22 強制対流 10:30-12:10	G22 自然エネルギー 利用2 10:30-12:10	H22 多孔質体の伝 熱3 10:30-12:10	I22 熱物性値と測定 法3 10:30-11:50	J22 自然対流2 10:30-12:10
A23 OS:熱流体問題 における可視化 技術1 13:00-14:30	B23 OS:水素エネル ギーに関する要 素・システム技 術(燃料電池、 水素製造他)3 13:10-14:30	C23 分子動力学3 13:10-14:30	D23 核沸騰1 13:10-14:30	E23 二相流の流動と 伝熱2 13:10-14:30	F23 対流熱伝達の 促進・制御1 13:10-14:30	G23 自然エネルギー 利用3 13:30-14:30	H23 電子機器の冷 却1 13:10-14:30	I23 バイオ伝熱・食 品の伝熱1 13:10-14:30	J23 自然対流3 13:10-14:30
A24 OS:熱流体問題 における可視化 技術2 14:40-16:00	B24 OS:水素エネル ギーに関する要 素・システム技 術(燃料電池、 水素製造他)4 14:40-16:00	C24 分子動力学4 14:40-16:00	D24 核沸騰2 14:40-15:40	E24 二相流の流動と 伝熱3 14:40-16:00	F24 対流熱伝達の 促進・制御2 14:40-16:00	G24 ふく射1 14:40-16:00	H24 電子機器の冷 却2 14:40-16:00	I24 バイオ伝熱・食 品の伝熱2 14:40-16:00	J24 自然対流4 14:40-16:00
会長セッション(中ホール300)「日本伝熱学会の社会的使命と体制」 16:20-16:55									
総会(中ホール300) 17:00-18:20									
懇親会(多目的ホール) 18:40-20:40									

第3日 (5月23日)

第45回日本伝熱シンポジウム[つくば]

タイムテーブル[第3日目:5月23日]

B室	C室	D室	E室	F室	G室	H室	I室
B31 OS:熱流体問題における可視化技術3 9:00-10:20	C31 電場・磁場・電荷移動下での伝熱 9:00-10:20	D31 沸騰 9:00-10:20	E31 二相流のモデル化と数値解析 9:00-10:20	F31 物質移動 9:00-10:20	G31 ふく射2 9:00-10:20	H31 熱伝導 9:20-10:20	I31 バイオ伝熱・食品の伝熱3 9:00-10:20
特別講演(大ホール) 宇宙飛行士 毛利 衛氏 「宇宙から見た新しい地球圏」 11:00-12:30							
見学会(2コース) 13:30-17:15/18:15		D32 特別セッション: 沸騰伝熱について徹底討論 13:30-17:00					

第45回日本伝熱シンポジウムプログラム一覧

(以下のプログラムは4/10時点での暫定版です。最新版はウェブサイトをご覧ください)

第1日 5月21日(水)

<A室>

- A11 9:30-10:50 OS: 明日を担う原子力- 熱流動研究の現状- 1
座長: 小泉 安郎 (工学院大)
- A111 (キーノート) エネルギー技術開発と次世代軽水炉開発の展望
*松井 一秋 (エネルギー総合工学研)
- A112 革新的水冷却炉 (FLWR) の炉心熱特性評価技術開発の現状
*大貫 晃 (原子力機構)
- A113 ナトリウム冷却高速炉開発における熱流動研究の現状
*大島 宏之 (原子力機構)
- A12 11:00-12:15 OS: 明日を担う原子力- 熱流動研究の現状- 2
座長: 菅原 悟 (原子力機構)
- A121 鉛合金冷却高速炉の熱流動研究の現状と展望
*高橋 実 (東京工大), 山田 由美, 湯村 尚典, 酒栄園, 依田 功
- A122 超高温ガス炉技術開発に関する熱流動研究の現状
*武田 哲明 (原子力機構)
- A123 核融合炉の炉内機器技術開発における伝熱流動研究の現状と展望
*江里 幸一郎 (原子力機構), 秋場 真人
- A13 13:40-15:10 OS: 宇宙における熱流体問題 1
座長: 阿部 豊 (筑波大)
- A131 (キーノート) 宇宙機熱制御における熱流体技術

の展望

*金森 康郎 (宇宙機構)

- A132 宇宙機搭載を目指した小型ループヒートパイプの熱輸送特性
*永井 大樹 (東北大), 長野 方星 (宇宙機構), 福吉 芙由子, 小川 博之
- A133 透明伝熱微細管による微細管内強制対流沸騰熱伝達の測定と内部流動挙動観測
*黄 士哲 (兵庫県立大), 川上 和成, 河南 治, 本田 逸郎, 川島 陽介, 大田 治彦 (九州大)
- A134 界面相変化を含むタンク内熱流動解析
*今井良二 (IHI)
- A14 15:20-16:20 OS: 宇宙における熱流体問題 2
座長: 上野 一郎 (東京理大)
- A141 静電浮遊液滴を用いた非接触粘性係数測定方法に関する研究
*阿部 豊 (筑波大)
- A142 超音波浮遊による液滴周りの外部流動可視化観測
*長谷川 浩司 (筑波大), 藤原 暁子, 阿部 豊, 山本 祐司, 青木 一義
- A143 低プラントル数液柱マランゴニ対流におけるカオス流への遷移
*松本 聡 (宇宙機構), 大平 博昭, 依田 眞一, 依田 英里香 (エー・イー・エス)
- <B室>
- B11 9:30-10:50 生産・加工プロセス
座長: 佐藤 勲 (東京工大)
- B111 超音波ソノケミストリー効果を用いる脂肪酸メチルエステル合成と応用
*朱 寧 (静岡理工大), 土屋 高志, 蔣 勇 (中国科

- 技大)
- B112 高濃度オゾン含有氷の創製に関する研究
*井出 佳孝 (群馬大), 中川西 学, 川島 久宜, 船津 賢人, 稲田 茂昭
- B113 基板上の高分子溶液滴の内部流動解析
*金田 昌之 (九州大), 高尾 裕, 深井 潤
- B114 ランプ熱処理装置における昇温速度の高精度制御方法の検討
*平澤 茂樹 (神戸大), 戸田 禎孝
- B12 11:00-12:40 回転場の流動と伝熱
座長: 鹿園 直毅 (東京大)
- B121 内壁回転環状拡大流路形状が乱流熱伝達に及ぼす影響の LES 解析
*村田 章 (東京農工大), 望月 貞成, 岩本 薫
- B122 内側壁面が回転する凹型または凸型環状曲面拡大流路内流れの 2 次元 PTV 計測
*齋藤 博史 (東京農工大), 村田 章, 望月 貞成, 筈見 元紀, 岩本 薫
- B123 加熱回転円板からの共存対流熱伝達
廣瀬 宏一 (岩手大), *長谷川 大地, 小野寺 高之 (三菱電機)
- B124 回転場における同軸二重円筒容器内の熱対流の数値解析
*斉藤 大輔 (首都大), 田川 俊夫
- B125 円筒容器内の自由表面渦の流動特性
*文字 秀明 (筑波大), 篠崎 達也, 上出 英樹 (原子力機構)
- B13 13:20-15:00 OS: 明日を担う原子力-熱流動研究の現状- 3
座長: 高橋 実 (東京工大)
- B131 超音波パルスドップラー流速分布計測法における金属配管内超音波伝播解析
*手塚 健一 (東京電力), 和田守弘, 森 治嗣, 木倉 宏成 (東京工大), 有富 正憲
- B132 高温ガス炉配管破断時における冷却剤と侵入空気との置換現象に関する基礎的研究
小泉 安郎 (工学院大学), 大竹 浩靖, *波照間 諒
- B133 単一溶融金属の破碎挙動 (銅と銅ジェットの関係)
*張 智剛 (北海道大)
- B134 垂直管上昇気泡流の気泡合一に及ぼす重力と壁面摩擦の影響
*嘉村 明彦 (東京海洋大), 波津久 達也, 大久保 ユリ子, 福原 豊, 賞雅 寛而, 日引 俊 (パデュー大)
- B135 膜沸騰蒸気膜の崩壊に及ぼす塩析出および粒子懸濁の影響
*新井 崇洋 (電中研), 古谷 正裕
- B14 15:10-16:30 OS: 明日を担う原子力-熱流動研究の現状- 4
座長: 賞雅 寛而 (東京海洋大)
- B141 放射線誘起表面活性による再冠水過程における伝熱促進効果
*張 俊 (京都大原子炉), 下川 俊久, 淀 忠勝, 三島 嘉一郎, 阿部 弘 (東京大), 賞雅 寛而 (東京海洋大)
- B142 管内に障害物を有する垂直沸騰伝熱管における限界熱流束特性
*梅川 尚嗣 (関西大)
- B143 流量振動下における液膜ドライアウトの発生
*大川 富雄 (大阪大院), 南谷 純, 後藤 泰輔
- B144 気体-液体統一解法による沸騰現象の数値解析
小室 迪泰 (茨城大), *田中 伸厚, 中村 信之
- B15 16:40-17:40 優秀プレゼンテーション賞 1 強制対流, 自然対流, 熱流動解析
座長: 村田 章 (東京農工大)
- B1501 リブを付設したピンフィン流路の熱伝達特性
三宅 慶明 (三菱重工), *始田 祐輔 (大阪大学), 武石 賢一郎, 小田 豊, 杉本 慎祐
- B1502 相変化現象を伴う電子機器の熱解析への熱回路網法の応用
*高栗 貞一 (富山県大), 藤井 則之, 石塚 勝, 中川 慎二, 高木 寛二 (オムロン)
- B1503 通気層付き外断熱建築構造物における熱特性の解析
*大野 慎吾 (茨城大), 志賀 寛史, 稲垣 照美
- B1504 都市緑化の効能評価のための植物単体の熱収支に関する研究
*片岡 由美 (大阪府大), 吉田 篤正, 木下 進一
- B1505 波面を有するチャンネル内の乱流に関する研究 (レイノルズ数の影響について)
*田中 健太郎 (富山県大), 山内 寿晃, 中川 慎二, 石塚 勝
- B1506 透過性壁面乱流境界層の PIV 計測
*松村 康弘 (大阪府大), 芦高 優, 須賀 一彦
- B1507 水に関する自然対流境界層の乱流特性
*竹内 彰彦 (名古屋工大), 岡田 康宏, 辻 俊博
- B1508 複雑形状を有するマイクロチャンネル内流れの DHPTV を用いた三次元計測と数値解析
*反町 岳 (東京理大), 安楽 隆史, 佐竹 信一, 功刀 資彰 (京都大), 佐藤 一穂 (豊田自動織機), 伊藤 智義 (千葉大)
- B1509 PIV を用いたマイクロ流路内の電気浸透流速度および電場分布の計測
*福田 啓介 (京都大), 勝本 洋一, 巽 和也, 中部 主敬
- B1510 DNS による曲り回転矩形管内流の乱流熱伝達構造解析
*早川 浩司 (名古屋工大), 服部 博文, 田川 正人, 長野 靖尚
- B1511 空間発展フラクタル格子乱流による乱流熱輸送
*鈴木 博貴 (名古屋大), 長田 孝二, 酒井 康彦, 早瀬 敏幸 (東北大), 久保 貴 (名古屋大)
- B1512 二相系マランゴニ対流の数値解析
*榎本 拓郎 (首都大東京), 田川 俊夫
- B1513 流れ場によるキャビテーション損傷軽減メカニズムの数値解析
*馬瀬口 諒 (茨城大), 田中 伸厚, 中村 信之

B1514 熱 CVD モデルにおける磁気熱対流
*岩出 耕太郎 (山形大), 赤松 正人, 日向野 三雄 (秋田県大)

<C室>

C11 9:30-10:50 マイクロ伝熱1
座長: 平井 秀一郎 (東京工大)

C111 垂直配向単層 CNT の CVD 合成と色素増感型太陽電池電極への応用
小倉 一晃 (東京大), *大川 潤, 渡辺 誠, 塩見 淳一郎, 丸山 茂夫

C112 誘電泳動による金属・半導体単層カーボンナノチューブの分離
*塩見 淳一郎 (東京大), 林 原 (スウェーデン王立工科大), 宮内 雄平 (東京大), アンベリ グスタフ (スウェーデン王立工科大), 丸山 茂夫 (東京大)

C113 3 ω 法による垂直配向単層カーボンナノチューブ膜の熱伝導率測定
*石川 桂 (東京大), 田中 三郎 (九州工大), 宮崎 康次, 塩見 淳一郎 (東京大), 丸山 茂夫

C114 マイクロプラズマによる青色発光シリコン量子ドットの気相合成と表面修飾
*野崎 智洋 (東京工大), 荻野 智久, 中牟田 崇, 岡崎 健

C12 11:00-12:20 マイクロ伝熱2
座長: 河野 正道 (九州大)

C121 垂直配向単層カーボンナノチューブ膜を接着した高温加熱面と液滴間の伝熱特性
*渡辺 誠 (東京大), 関根 哲彦 (神奈川大), 福富 隆弘, 石川 桂 (東京大), 丸山 茂夫, 庄司 正弘 (神奈川大)

C122 表面テクスチャリングによるエレクトロウエットイングの促進
*松本 壮平 (産総研), 市川 直樹

C123 ボルツマン輸送方程式の境界条件の考察
三木 貴文 (九州大), *伊藤 衡平, 佐々木 一成

C124 高クヌッセン数マイクロ流路流れのLBM解析
*竹中 奨 (大阪府大), 牛 小東 (豊田中研), 金城 友之, 兵頭 志明, 須賀 一彦 (大阪府大)

C13 13:40-15:00 マイクロ伝熱3
座長: 塩見 淳一郎 (東京大)

C131 T字型ナノチャネルにおけるイオンの移動現象
*安達 琢真 (東京大), 巽 直也, 大宮司 啓文

C132 非一様ゼータ電位を有するマイクロチャネル内の流動特性
*一柳 満久 (慶應大), 佐々木 誠一, 佐藤 洋平, 菱田 公一

C133 交流誘電泳動によるナノ粒子連続分離技術の開発
*伏見 光明 (慶應大), 嘉副 裕, 佐藤 洋平

C134 ソーラー効果を応用した非接触分子輸送技術の開

発
*山本 泰之 (産総研)

C14 15:10-16:10 マイクロ伝熱4
座長: 井上 剛良 (東京工大)

C141 微小気泡の帯電特性
*田中 康太郎 (京都大), 松本 充弘, 高松 晋也

C142 マイクロバブルを利用した中空ポリ乳酸マイクロカプセルの製造
*高田 真吾 (東京大), 城野 克広 (産総研), 幕田 寿典 (山形大), 大宮司 啓文 (東京大), 竹村 文男 (産総研)

C143 安定地中隔離を目指した液体 CO₂ の超微粒化
*植村 豪 (東京理大), 鈴木 啓祐 (東京工大), 津島 将司, 平井 秀一郎

C15 16:40-17:40 優秀プレゼンテーション賞2 沸騰・凝縮, 混相流, 熱機器
座長: 横山 孝男 (山形大)

C1501 MEMS 伝熱面上の沸騰気泡生成 (非定常加熱と核生成制御の実現)
*丹下 学 (東京大), 高木 周, 竹村 文男 (産総研), 庄司 正弘 (神奈川大)

C1502 MEMS 技術を用いて作製した人工キャビティ付き伝熱面による核沸騰現象の実験的研究 (熱流束の気泡核間干渉への影響について)
*佐藤 隆登 (工学院大), 小泉 安郎, 大竹 浩靖

C1503 三角形細管内垂直下降流の沸騰熱伝達と圧力損失
*宮田 一司 (九州大), 森 英夫, 大石 克巳, 濱本 芳徳

C1504 微細周期構造を持つ高温の固体面に落下するサブクール液滴の挙動に関する実験的研究
*徳永 将貴 (長崎大), 桃木 悟, 茂地 徹, 沢田 博司 (キャノンマシナリー)

C1505 潤滑油を含む二酸化炭素の水平管内蒸発熱伝達
*仙波 達哉 (東京大), 原口 昇, 党 超鋺, 飛原 英治

C1506 溝付管における超臨界圧二酸化炭素の冷却熱伝達
*星加 啓太郎 (東京大), 飯野 康二, 党 超鋺, 飛原 英治

C1507 扁平ミニチャンネル内流動沸騰熱伝達と二相流圧力損失に関する研究
小泉 安郎 (工学院大), *山田 智功, 大竹 浩靖

C1508 ノズル出口に発生する CO₂ 二相流膨張波に関する研究
中川 勝文 (豊橋技科大), *茅野 浩之, 原田 敦史

C1509 活性炭素繊維/エタノール系フィンチューブ型吸着器の吸・脱着特性に関する実験的研究
*仮屋 圭史 (九州大), 小山 繁, 牧本 直也, 桑原 憲

C1510 収着剤流動層の収着連続切り替え運転時の除湿特性
堀部 明彦 (岡山大), 稲葉 英男, 春木 直人, *藤田 尚利

- C1511 着霜現象を伴う熱および物質移動
*井上 翔 (玉川大), 大久保 英敏, 吹場 活佳 (JAXA)
- C1512 向流型ガス-ガスマイクロチャンネル熱交換器の伝熱特性
*小山 幸平 (首都大東京), 浅古 豊
- C1513 液相合成銀ナノ粒子を含む Self-rewetting 流体の構造, 物性とヒートパイプの熱輸送特性
*瓜田 侑己 (産総研, 宇都宮大), 阿部 宜之 (産総研), 佐藤 正秀 (産総研, 宇都宮大), 古澤 毅 (宇都宮大), 鈴木 昇, 望月 正孝 (フジクラ), 堀内 康洋
- C1514 気泡駆動型循環式ヒートパイプ (BACH) の熱輸送特性
*岩本 晃和 (福井大), 濱地 則行, 永井 二郎, 大西 東洋司 (若狭湾エネルギー研究センター), 新宮 秀夫
- <D室>
- D11 9:30-10:50 微小重力下の流動と伝熱
座長: 大田 治彦 (九州大)
- D111 フルゾーン液柱内温度差マランゴニ対流の研究
*橋 優貴 (東京理大), 河村 洋
- D112 液柱マランゴニ対流の振動流遷移点に及ぼす周囲気体の影響
*由良 嘉紀 (横浜国大)
- D113 g-ジッターシミュレータにおける液柱挙動および内部振動流の可視化観測
*田辺 真一 (横浜国大), 西野 耕一
- D114 きく8号搭載展開型ラジエータ運用開始1年目の動作特性実験結果
*川崎 春夫 (宇宙機構), 矢部 高宏, 岡本 篤, 金森 康郎, 石川 博章 (三菱電機), 野村 武秀, 斎藤 康之 (三菱電機エンジニアリング)
- D12 11:00-12:40 凝縮
座長: 長崎 孝夫 (東京工大)
- D121 水蒸気-空気混合気の水平円管外面への強制対流凝縮実験
*南 裕喜 (九州大), 井上 浩一, 藤本 卓也, 前田 貴, 大田 治彦
- D122 プレート式熱交換器におけるアンモニア/水の凝縮性能
*麻生 裕之 (佐賀大), 有馬 博史, 池上 康之
- D123 縦板上凝縮熱伝達の促進 (離散フィン高さと溝幅の影響)
*儲 仁才 (小松製作所), 畠中 勉, 西尾 茂文 (東京大)
- D124 滴状凝縮法による凝縮係数の評価
*徳永 敦士 (九州工大), 長山 暁子, 鶴田 隆治
- D125 クロスフィンチューブ型熱交換器の性能に及ぼす伝熱管内面形状の影響
*柿山 史郎 (住友軽金属工業), 佐々木 直栄, 讃岐 則義 (伸銅所)
- D13 13:40-15:00 蒸発伝熱
座長: 森 英夫 (九州大)
- D131 静電植毛熱交換器を用いた蒸発促進 (気化式加湿器の基礎研究)
*矢嶋 健史 (東京電力)
- D132 積層微細穴構造による二相熱拡散
*橋本 光生 (ソニー), 長井 博之, 矢澤 和明
- D133 液滴の蒸発様相におよぼす固体表面の濡れ性
*日高 澄具 (九州大), ディン ダリアント (ガジヤマダ大), 河野 正道 (九州大), 高田 保之
- D134 水溶性離型剤液滴蒸発時の固液接触と離型剤付着状況
松村 武紀 (福井大), 山口 真吾, *永井 二郎
- D14 15:10-16:10 遷移沸騰・膜沸騰
座長: 高田 保之 (九州大)
- D141 加熱面に衝突する液滴内での発生気泡の挙動
*石毛 忠弘 (群馬大), アハマト ヘルミッシャ, 川島 久宜, 中川西 学, 稲田 茂昭
- D142 ミニサイズ流路に発生する気泡微細化沸騰
*鈴木 康一 (東京理大), 大島 章
- D143 半球状の凸底面を有する垂直円柱まわりのサブクール膜沸騰熱伝達
*豊田 香 (長崎大), 茂地 徹, 山田 たかし, 桃木 悟, 山口 朝彦
- D15 16:40-17:40 優秀プレゼンテーション賞3 物質移動, 反応・燃焼
座長: 末包 哲也 (徳島大)
- D1501 集塵過程における付着・離脱の格子ボルツマンモデル
*松本 悠佑 (静岡大), 石黒 俊輔, 桑原 不二郎, 中山 顕
- D1502 PEFC 触媒層内物質移動の格子ボルツマンシミュレーション
*瀧田 晋平 (東京工大), 津島 将司, 平井 秀一郎
- D1503 固体高分子形燃料電池内の気液流動特性と電流密度分布
*森岡 怜史 (北海道大), 吉田 大輪, 田部 豊, 菊田 和重, 近久 武美, 小境 正也 (日立製作所)
- D1504 固体高分子形燃料電池内の熱物質輸送特性
*眞鍋 壮 (横浜国大), 上村 有輝, 長濱 光幸 (豊橋技科大), 荒木 拓人 (横浜国大), 恩田 和夫 (豊橋技科大)
- D1505 電極に導入したメゾ構造が SOFC 発電性能に与える影響に関する数値解析
*紺野 昭生 (京都大), 岩井 裕, 齋藤 元浩, 吉田 英生
- D1506 メタノールの超臨界水酸化の反応熱の決定
*辻本 剛 (広島大), 松村 幸彦
- D1507 ガスタービン用 RQL 燃焼器の安定限界に関する研究
*神山 貴宏 (慶應大), 横森 剛, 植田 利久

- D1508 外部混合型低圧二流体ノズルを用いた噴霧燃焼における低 NO_x 化の実験的検討
*星野 雄将 (東北大), 渡部 弘達 (東北大, 日本学術振興会), 松下 洋介 (東北大), 青木 秀之, 三浦 隆利
- D1509 液中プラズマの気泡の挙動と周辺温度
*服部 吉晃 (愛媛大), 向笠 忍, 野村 信福, 豊田 洋通
- D1510 温度制御されたマイクロフローリアクター内における DME の着火・燃焼特性
*押部 洋 (東北大), 坪井 陽介, 中村 寿, 丸田 薫
- D1511 水エマルジョン燃料の伝熱促進効果に関する研究
*湊楽 木格 (東京工大), 吉川 邦夫, 藤原 浩一 (クリーンメカニカル)
- D1512 炉内の温度変化が PAH およびフラーレンの燃焼生成機構に及ぼす影響
*中島 啓 (大阪大), 清水 翼, 芝原 正彦, 国吉 ニルソン (早稲田大)
- D1513 原子吸光法を用いた RDF 火炎中鉛のその場計測
*山本 晃範 (名古屋大), 國江 有里, 児玉 憲治, 北川 邦行
- D1514 触媒担持材が触媒熱分解反応に与える影響
*野村 和也 (広島大), 井上 修平, 松村 幸彦
- < E 室 >
- E11 9:30-10:50 燃焼および反応プロセスにおける伝熱 1
座長: 横森 剛 (慶應大)
- E111 水素・空気, メタン・空気及び n-ヘプタン・空気乱流予混合気における着火と火炎伝播の DNS
*佐藤 允 (東京工大), 松浦 真悟, 店橋 護, 宮内 敏雄
- E112 直接数値計算による乱流予混合火炎の壁面近傍挙動の解明
*常見 明彦 (東京工大), 松浦 真悟, 佐藤 允, 店橋 護, 宮内 敏雄, 永岡 真 (豊田中研)
- E113 高温壁面近傍の CH₄/air 予混合火炎の分岐に関する研究
*中村 寿 (東北大), 範 愛武, 南園 英明, 丸田 薫, 小林 秀昭, 新岡 嵩 (秋田県大)
- E114 酸素付加燃焼における火炎片ライブラリに対する歪み率の影響
*皆方 知樹 (宇都宮大), 佐々木 崇章, 二宮 尚
- E12 11:00-12:20 燃焼および反応プロセスにおける伝熱 2
座長: 青木 秀之 (東北大)
- E121 化学的吸熱を伴う流体系の対流熱伝達係数の評価方法
*木村 博幸 (室蘭工大)
- E122 グルコースの超臨界水中ガス化反応熱の決定
*松村 幸彦 (広島大), 堀本 太一
- E123 希土類系酸化物質蛍光ナノ粒子の気相燃焼合成法
*田島 純一 (慶應大), 溝本 雅彦, 植田 利久, 横森 剛
- E124 メタン/空気予混合火炎を用いたカーボンナノ物質の燃焼合成に対する合成条件の影響
*奥山 正明 (山形大), 富村 寿夫 (九州大), 稲富 康利 (九電工)
- E13 13:40-15:00 燃焼および反応プロセスにおける伝熱 3
座長: 店橋 護 (東京工大)
- E131 石英チャンネル内マイクロ予混合燃焼における壁面の熱的影響
*范 勇 (東京大), 鈴木 雄二, 笠木 伸英
- E132 Rotating pelton-like flame waves in a heated radial microchannel
*Aiwu Fan (東北大, Huazhong Univ. Sci. & Tech.), Sergey Minaev (Khristianovich Inst. Theo. & App. Mech.), 中村 寿 (東北大), Wei Liu (Huazhong Univ. Sci. & Tech.), 丸田 薫 (東北大)
- E133 近赤外光を用いた小型発電システムのためのペレット触媒燃焼器に関する研究
*大村 豪 (大阪大), 慶田 達哉, 瀬尾 健彦, 安 鐵朱, 赤松 史光, 芝原 正彦
- E134 Split waves in filtration gas combustion in fibrous porous media
*Haolin Yang (東北大), 中村 寿, 丸田 薫
- E14 15:10-16:30 燃焼および反応プロセスにおける伝熱 4
座長: 丸田 薫 (東北大)
- E141 Dual-Plane CH PLIF による乱流予混合火炎の三次元構造の解明
*上田 哲司 (東京工大), 志村 祐康, 平山 哲, 店橋 護, 宮内 敏雄
- E142 乱流予混合火炎における局所燃焼速度の直接計測
*源 勇気 (東京工大), 高 翔平, 志村 祐康, 店橋 護, 宮内 敏雄
- E143 多重管バーナーにおけるメタン・空気予混合火炎のゆらぎ
*門脇 敏 (長岡技科大), 大倉 直樹
- E144 多炎孔バーナーの強制加給による加熱効率向上に関する研究
森田 慎一 (米子高専), *金子 亮平
- E15 16:40-17:40 優秀プレゼンテーション賞 4 マイクロ・ナノスケール現象, 計測技術, バイオアプリケーション
座長: 白樫 了 (東京大)
- E1501 分子動力学法を用いた多孔ナノ構造の熱伝導シミュレーション
*永井 大資 (九州工大), 大谷 直弘, 宮崎 康次, 塚本 寛
- E1502 固液界面構造が極薄液膜の蒸発に及ぼす影響
*城谷 将宏 (九州工大), 長山 暁子, 徳永 敦士, 鶴田 隆治
- E1503 レーザー誘起界面張力勾配を利用した単一微小気

- 泡の操作
*竹内 洋之 (東京理大), 元祐 昌廣, 本阿弥 眞治
- E1504 マイクロ気液界面流動を伴う CO₂ 溶解現象の光学計測
*千賀 友里子 (慶應大), 筒井 一成, 佐藤 洋平
- E1505 マイクロチャンネルスラグ流の薄液厚さに関する研究
*韓 榮培 (東京大), 鹿園 直毅
- E1506 位相分解蛍光寿命測定法と近接場顕微技術を用いたナノスケール温度測定法の開発
地紙 平 (慶応大), *岡 巧, 田口 良広, 齋木 敏治, 長坂 雄次
- E1507 Pt ホットフィルムを用いたナノ堆積物の熱伝導率計測
*伊藤 洋平 (九州大), ノルシヤズワン ヒルミ, 高橋 厚史, 張 興 (清華大)
- E1508 皮膚の内部構造可視化に向けた時間分解共焦点顕微鏡の検討
山田 純 (芝浦工大), *小柴 誠一郎, 菊地 久美子 (資生堂), 高田 定樹
- E1509 細胞膜の水透過率と細胞の収縮特性 (浮遊細胞と培養接着細胞の比較)
*吉森 崇志 (九州大), 高松 洋
- E1510 微小凍結手術用冷却針による生体組織凍結現象の解析
*岡島 淳之介 (東北大), 武田 洋樹, 小宮 敦樹, 円山 重直
- E1511 腫瘍凍結における血管の影響
*佐野 吉彦 (静岡大), 山田 瑞恵, 桑原 悠介, 中山 顕
- E1512 低温プラズマ雰囲気置かれた密閉容器内の殺菌
*中川西 学 (群馬大), 川島 久宜, 山口 亨, 西崎 充洋, 稲田 茂昭
- E1513 近赤外光を用いた微小生体試料の温度測定 (培養細胞のための測定装置の試作と評価)
*尾崎 敦之 (九州大), 角田 直人, 有本 英伸 (産総研), 山田 幸生 (電通大)
- E1514 3次元生体伝熱モデルを用いた生体内温度分布の逆解析
*間山 貴文 (北海道大), 池川 昌弘, 山田 雅彦, 石丸 武志
- < F室 >
- F11 9:30-10:50 乱流構造と伝熱 1
座長: 田川 正人 (名古屋工大)
- F111 成層乱流中の高プラントル数スカラー乱れの小スケールにおける消滅について
*宮尾 武寛 (京都大), 花崎 秀史
- F112 矩形物体を設置した二次元流路内乱流伝熱の DNS
*三浦 貴広 (新潟大), 松原 幸治
- F113 平行平板間乱流における温度後流の直接シミュレーション
*山崎 健哉 (新潟大), 川畑 拓也, 三浦 貴広, 松原 幸治
- F114 高レイノルズ数チャンネル乱流場における熱伝達特性
*山本 義暢 (名古屋大), 小瀬 裕男 (京都大), 功刀 資彰, 佐竹 信一 (東京理大)
- F12 11:00-12:20 乱流構造と伝熱 2
座長: 花崎 秀史 (京都大)
- F121 平行平板間乱流熱伝達の高精度 DNS によるスカラー散逸場の解析
*小塚 信 (東京理大), 河村 洋
- F122 2次元丘周り乱流場の条件付計測
*竹本 欽一 (名古屋工大), 保浦 知也, 草野 文彦, 田川 正人, 長野 靖尚
- F123 壁面近傍における乱流濃度場に与える高シュミット数効果
*長谷川 洋介 (東京大), 笠木 伸英
- F124 遷移レイノルズ数域の平行平板間流れにおける乱流熱伝達の DNS (第2報: パフの構造解析および可視化による実験的解析との比較検証)
*塚原 隆裕 (東京理大), 羽曾部 亮, 川口 靖夫, 河村 洋
- F13 13:40-15:00 乱流構造と伝熱 3
座長: 小田 豊 (大阪大)
- F131 再層流化過程にあるポアズイユ乱流の準秩序構造
*福留 功二 (名古屋工大), 飯田 雄章, 長野 靖尚
- F132 2次元加熱丘周りの乱流熱輸送
*保浦 知也 (名古屋工大), 安藤 佳洋, 井上 大輔, 田川 正人, 長野 靖尚
- F133 空間的に発達する二次元曲がり流路内乱流熱伝達の DNS
*川合 孝治 (新潟大), 松原 幸治, 松井 暁彦
- F134 振動片周りの流動・伝熱構造
*瀬名波 出 (琉球大), 親川 兼勇, 屋我 実
- F14 15:10-16:30 乱流構造と伝熱 4
座長: 須賀 一彦 (大阪府大)
- F141 前方ステップ上の乱流温度境界層の DNS
*宮本 望 (名古屋工大), 服部 博文, 長野 靖尚
- F142 DNSによる温度場乱流境界層における外層の間欠構造
*藤堂 公浩 (東京理大), 岩本 薫 (東京農工大), 河村 洋 (東京理大)
- F143 温度成層を伴う乱流境界層の組織構造解析
*山崎 聖 (名古屋工大), 服部 博文, 長野 靖尚
- F144 超音速ノズルのスロート部における熱伝達特性に関する研究
*安部 友也 (大阪大), 武石 賢一郎, 小田 豊, 小田 祐介
- < G室 >
- G11 9:30-10:50 ヒートポンプ・冷凍・空調 1

- 座長：大久保 英敏（玉川大）
- G111 空気を熱交換媒体とする室温磁気冷凍システムの冷却特性
*中村 亘（北海道大）、川南 剛（神戸大）、池川 昌弘（北海道大）、志田 良介、平野 直樹（中部電力）、長屋 重夫
- G112 室温磁気冷凍機の COP に関する考察
才丸 満（東京工大）、*岡村 哲至、森 裕司、川南 剛（神戸大）、平野 直樹（中部電力）、長屋 重夫
- G113 マイクロ冷凍機用再生熱交換器の基本的特性
*小清水 孝夫（北九州高専）、笠尾 大作、高田 保之（九州大）
- G114 潜熱輸送スラリーを用いた吸収冷凍機吸収器のコンパクト化に関する研究
*鈴木 洋（神戸大）、岸本 隆司、菰田 悦之、薄井 洋基
- G12 11:00-12:20 ヒートポンプ・冷凍・空調 2
座長：堀部 明彦（岡山大）
- G121 冷凍サイクルのモデル化とシミュレーション
*宮本 年男（名古屋大）、大内田 聡、長谷川 達也
- G122 泡沫を利用する圧縮システム（概念と作動原理）
*遠藤 尚樹（産総研）
- G123 マイクロクーラの開発
工藤 一彦（北海道大）、黒田 明慈、橋本 昌樹、*塚本 裕貴、高田 真次（北海道大）
- G124 熱駆動型金属水素化合物利用冷凍システムの動的挙動
*裴 相哲（佐賀大）、高坂 祐顕、門出 政則、勝田 正文（早稲田大）
- G13 13:40-15:00 ヒートポンプ・冷凍・空調 3
座長：長谷川 達也（名古屋大）
- G131 一体型吸着式ヒートポンプユニットの性能向上検討
*倉知 清悟（東邦ガス）、羽木 敏、中村 直人、垣内 博行（三菱化学科学技術研究センター）
- G132 収着剤ロータと圧縮式冷凍機を用いた複合式空調システムの性能評価
堀部 明彦（岡山大）、*高木 貞男、稲葉 英男、春木 直人
- G133 フィンに挿入した収着剤塗布ハニカムのペルチェ素子による水蒸気収脱着
堀部 明彦（岡山大）、稲葉 英男、春木 直人、*野間 大輔
- G134 ケミカル調湿システムにおける物質移動装置の検討
*相川 梨紗（広島大）、河野 啓史、松村 幸彦、北原 博幸（トータルシステム研究所）
- G14 15:10-15:50 ヒートポンプ・冷凍・空調 4
座長：松村 幸彦（広島大）
- G141 量販店舗における空調負荷実測に関する研究
*中山 浩（中部電力）、渡邊 激雄、永松 克明、宮岡 洋一、大橋 英一郎（名古屋大）、廣田 真史（三重大）
- G142 病院における技術的及び経済的な省エネルギーの可能性
*岡本 覚（島根大）
- <H室>
- H11 9:30-10:50 ヒートパイプ・熱サイフォン 1
座長：永井 二郎（福井大）
- H111 液溜め構造を有する単管式自励振動ヒートパイプの熱輸送特性
*家島 純（横浜国大）、森 昌司、奥山 邦人
- H112 溝付管内の振動流による熱輸送特性
*丹羽 悠太（千葉大）、満野 亮、田中 学、菱田 誠
- H113 アンモニアを用いた宇宙用自励振動型ヒートパイプ
*早川 敏裕（東京工大）、鈴木 祐二、井上 剛良
- H114 ナノ流体を作動液に用いた平板型マイクロヒートパイプの熱伝達特性に関する研究
勝田 正文（早稲田大）、池田 匡視（古河電気工業）、吉田 雄亮（早稲田大）、*海老原 健介
- H12 11:00-12:20 ヒートパイプ・熱サイフォン 2
座長：菱田 誠（千葉大）
- H121 ループヒートパイプの開発
*田中 清志（機械振興協会）
- H122 小型ループヒートパイプの熱輸送特性
*佐藤 郁（パナソニック コミュニケーションズ）、河野 治彦、有田 雅昭、小山 繁（九州大）、桑原 憲
- H123 小型電子機器用ループヒートパイプの性能評価
*高松 伴直（東芝）、久野 勝美、富岡 健太郎、岩崎 秀夫
- H124 熱サイフォンを用いた水冷ヒートシンクの伝熱特性に関する研究
神永 文人（茨城大）、*倉兼 卓己、松村 邦仁
- H13 13:40-15:20 ヒートパイプ・熱サイフォン 3
座長：奥山 邦人（横浜国大）
- H131 自励振動ヒートパイプの液柱振動に関する基礎的研究
*嶋崎 徹（東京工大）、長崎 孝夫、伊藤 優
- H132 不等断面自励振動ヒートパイプの熱輸送特性
*福田 俊大（東京工大）、長崎 孝夫、伊藤 優
- H133 きく 8 号搭載展開型ラジエータの軌道上熱特性
*石川 博章（三菱電機）、野村 武秀、大串 哲朗（広島国際大）、野田 浩幸（宇宙機構）、川崎 春夫、矢部 高宏、金森 康郎
- H134 セルフリウエティング効果による自励振動型ヒートパイプの性能向上に関する研究
*麓 耕二（釧路高専）
- H135 中性子ラジオグラフィによる自励振動型ヒートパイプの可視化
*杉本 勝美（神戸大）、吉田 壮寿、鎌田 洋平、浅

- 野 等, 村川 英樹, 竹中 信幸
- H14 15:30-16:30 多孔質体の伝熱 1
座長: 上宇都 幸一 (大分大)
- H141 格子ボルツマン法による異方性を有する多孔質体内熱流動解析
*瀬田 剛 (富山大)
- H142 一般性を有する多孔質体内乱流の巨視的モデル
*桑原 不二朗 (静岡大), 佐野 吉彦, 中山 顕
- H143 岩石多孔質内における気泡トラップに関する基礎的研究
*末包 哲也 (徳島大), グェン ホアン タン, 松本 拓也, 西岡 耕作, 松田 真澄, 清田 正徳
- < I 室 >
- I11 9:30-10:50 計測技術 1
座長: 北川 邦行 (名古屋大)
- I111 微細流路内濃度計測のための小型 NMR センサーの開発
*小川 邦康 (慶應大), 拝師 智之 (エム・アール・テクノロジー)
- I112 水の近赤外吸収特性を利用した微量水溶液の温度イメージング (発熱線が挿入された水の温度分布の測定と検証)
*角田 直人 (九州大), 近藤 克哉 (兵庫県大), 尾崎 敦之 (九州大), 有本 英伸 (産総研), 山田 幸生 (電通大)
- I113 2色のレーザによる液相内温度場・濃度場同時計測
山根 岳志 (富山大), *富田 祐造, 鈴木 直樹, 吉田 正道
- I114 光干渉法による CO₂ ハイドレート膜の厚さ計測
*松元 佑樹 (筑波大), 藤原 暁子, 阿部 豊, 山根 健次 (海洋技術安全研)
- I12 11:00-12:40 計測技術 2
座長: 小川 邦康 (慶應大)
- I121 管内上向き流中の加熱拡散温度測定に基づく微小流量計
*小泉 博義 (電通大), 寺島 卓, 松田 和也, 内記陽一 (テクノサイト)
- I122 ミリスケール流路に発達する温度境界層の温度測定
勝山 智徳 (同志社大), *中川 栄一, 稲岡 恭二, 千田 衛
- I123 レーザ干渉画像法による微細気泡の溶解挙動計測
*出川 貴雅 (東京工大), 川口 達也, 佐藤 勲, 齊藤 卓志
- I124 Numerical Simulation of End Effects in a Cell Designed for Measurement of Hydrogen Gas Thermal Conductivity
*Peter Lloyd Woodfield (産総研), 深井 潤 (九州大), 藤井 丕夫 (産総研), 高田 保之 (九州大), 新里 寛
- 英 (産総研), 諸江 将吾 (九州大), Elin Yusibani (産総研)
- I125 過渡レンズ効果における光・物質・温度場の相互作用の基礎研究
*千々岩 宗弘 (東京工大), 山崎 公晴, 伏信 一慶, 岡崎 健
- I13 13:40-15:00 計測技術 3
座長: 二宮 尚 (宇都宮大)
- I131 イオン付着質量分析法による燃焼炎中の化学種の直接検出
*松本 幸三 (名古屋大), 鳥居 孝洋, 朴 海洋, 北川 邦行
- I132 平面レーザ誘起蛍光分光法によるメタン火炎中の鉛原子の二次元分布測定
*児玉 憲治 (名古屋大), 北川 邦行
- I133 ガソリンエンジンからの排気ガス流動の直接測定法の開発
*奥西 良輔 (同志社大), 舟木 治郎, 平田 勝哉
- I134 中性子可視化手法を用いた発電時固体高分子形燃料電池 MEA 厚さ方向の液水分布解析 (ガス拡散層の液水分布特性に着目)
*田崎 豊 (日産自動車), 市川 靖, 王 世学 (日産自動車), 久保 則夫, 篠原 和彦, Pierre Boillat (Paul Scherrer Institut), Denis Kramer, Gabriel Frei, Gunter G. Scherrer, Eberhard H. Lehmann
- I14 15:10-16:30 熱物性値と測定法 1
座長: 田口 良広 (慶應大)
- I141 熱伝導逆問題解法を利用した熱物性値の測定方法
*門出 政則 (佐賀大), 光武 雄一, 大石 英史, 真鍋 和巳
- I142 3 ω 法を用いた熱電半導体薄膜の熱伝導率計測
*田中 三郎 (九州工大), 清水 陽介, 宮崎 康次, 塚本 寛
- I143 金属二層材料の誘導加熱実験
*松島 栄次 (大阪工大)
- I144 示差走査熱量測定による固体の比熱容量測定 (熱量計の信頼性に関する検討)
*藤野 淳市 (福岡大), 本田 知宏
- < J 室 >
- J11 9:30-10:50 融解・凝固 1
座長: 松本 浩二 (中央大)
- J111 Controlling Unidirectional Solidification Processes Using Nucleators
*Alireza MahdaviFar (東京工大), Mohammad Behshad Shafii (Sharif Univ. Tech.)
- J112 給湯用過冷却蓄熱装置の蓄熱材発核特性
*平野 聡 (産総研), 武内 洋
- J113 水とゲスト物質の相境界に沿うクラスレート水和物膜の成長 (物質拡散モデル)
*望月 高昭 (東京学芸大), 森 康彦 (慶應大)

- J114 炭化水素系混合ガスと大分子ゲスト物質からのクラスレート水和物生成 (気相組成測定に基づく水和物生成挙動の検討 (続報))
井村 尚貴 (慶應大), *小川 裕之, 大村 亮, 森 康彦
- J12 11:00-12:40 融解・凝固 2
座長: 森 康彦 (慶應大)
- J121 ポリアクリル酸アンモニウム添加による凍結抑制タンパク質 I 型の活性向上
*船越 邦夫 (産総研), 稲田 孝明, 川畑 寛 (日本触媒), 富田 高史
- J122 近赤外光を用いた凝固しつつある AFP 水溶液の微小領域温度計測
*櫻井 亮 (京都工繊大), 中西 力也, 萩原 良道
- J123 人に優しい氷スラリー生成のための W/O エマルションの開発
*松本 健吾 (日産自動車), 松本 浩二 (中央大), 金子 敦士
- J124 マイクロカプセル潜熱蓄熱材 (MEPCM) を用いた複合材料の非定常熱伝導 (実験と数値計算との比較)
*葛木 大輔 (大阪電通大)
- J125 水和塩蓄熱マイクロカプセルを用いた機能性流体の最大密度 (第 2 報; 水性分散媒の場合)
*山口 義幸 (兵庫県大), 中村 義樹
- J13 13:40-15:00 融解・凝固 3
座長: 青木 和夫 (長岡技科大)
- J131 水中に置かれた水平伝熱管まわりの相変化熱伝達
廣瀬 宏一 (岩手大), *地代所 昌幸, 高橋 勇樹 (富士通)
- J132 ブラインが循環する円管周りの水の相変化実験
*眞壁 卓也 (秋田大), 菅原 征洋, 小松 喜美
- J133 結晶方向の連続変化を伴う壁面上における氷単結晶成長
*寺岡 喜和 (青山学院大), 岡田 昌志, 田中 宏和
- J134 冷却固体面における氷の付着現象に関する基礎研究 (ナノスケール場とマクロスケール場を連成するための試み)
*大黒 優也 (日本精工), 松本 浩二 (中央大), 諸星 道孝
- J14 15:10-16:30 融解・凝固 4
座長: 平野 聡 (産総研)
- J141 二成分系水溶液中における垂直氷板の融解に関する実験
*小松 喜美 (秋田大), 菅原 征洋, 柏崎 圭佑, 藤田 忠
- J142 ベントナイト粒子を含む水溶液の凝固特性
青木 和夫 (長岡技科大), 赤堀 匡俊, *山本 征司
- J143 酢酸ナトリウム三水和物の溶融・凝固に関する研究
*宗像 鉄雄 (産総研), 永田 眞一
- J144 膨張黒鉛蓄熱材の気流中における伝熱特性
松村 邦仁 (茨城大), 神永 文人, *平野 聖門

第2日 5月22日(木)

< A室 >

A21 9:00-10:50 OS:水素エネルギーに関わる要素・システム技術(燃料電池, 水素製造他) 1
座長: 伊藤 衡平(九州大)

A211 (キーノート) 温暖化対策としての水素導入の意義を考える
*岡崎 健(東工大)

A212 クロスオーバーによる電解質膜の劣化挙動解析とモデル化
*沈 宰暎(東工大), 津島 将司, 平井 秀一郎

A213 PEFC 発電特性に与える空气中微量不純物の影響解析
*盛岡 弘幸(東工大), 津島 将司, 平井 秀一郎

A214 汎用電子レンジを用いた水素およびナノ炭素材料の同時製造に関する研究
野村 信福(愛媛大), 豊田 洋通, *向笠 忍, 山下 浩

A215 非定常短細線法による気体の熱伝導率測定
*諸江 将吾(九大), ウッドフィールド ピーター(産総研), 深井 潤(九大), 藤井 丕夫(産総研), 河野 正道(九大), 高田 保之, 新里 寛英(産総研)

A22 10:50-12:10 OS:水素エネルギーに関わる要素・システム技術(燃料電池, 水素製造他) 2
座長: 宮本 淳一(産総研)

A221 高分子型燃料電池の GDL 内キャピラリー圧力モデルの検討
*大島 伸行(北大)

A222 格子ボルツマン法による PEFC 内の凝縮水・ガス流動シミュレーション
*李 勇柱(北大), 田部 豊, 菊田 和重, 近久 武美, 小境 正也(日立)

A223 固体高分子形燃料電池における電極内水分挙動の発電特性に及ぼす影響
谷川 洋文(九工大), *宮崎 祐樹, 鶴田 隆治

A224 固体高分子形燃料電池内における液体水輸送に対するキャピラリー圧の影響
*栗原 央流(北大), 石 万元, 大島 伸行

A23 13:00-14:30 OS:熱流体問題における可視化技術 1
座長: 古谷 博秀(産総研)

A231 (キーノート) 蛍光・燐光を用いた熱流動場の可視化
*染矢 聡(東京大), 岡本 孝司

A232 ダイナミック中性子トモグラフィ技術の開発(4次元速度計測基礎試験)
*呉田 昌俊(原子力機構), 熊田 博明, 久米 悦雄, 染矢 聡(東京大), 岡本 孝司

A233 真空紫外域非線形波長変換レーザーを用いた液体ナトリウム流の動力学的研究((1)液体金属流動

場の可視化に向けた分光学的研究)

*福田 武司(大阪大), 高田 孝, 上出 英樹(原子力機構), 木村 暢之, 江連 俊樹, 林 謙二, 内堀 昭寛

A234 真空紫外域非線形波長変換レーザーを用いた液体ナトリウム流の動力学的研究((2)自由液面でのガス巻き込み現象とナトリウムへの適用)

*上出 英樹(原子力機構), 木村 暢之, 江連 俊樹, 内堀 昭寛, 林 謙二, 福田 武司(大阪大), 高田 孝

A24 14:40-16:00 OS:熱流体問題における可視化技術 2
座長: 染矢 聡(東京大)

A241 高クヌッセン数流れに適した感圧分子膜の開発
*内田 徹(名古屋大), 松田 佑, 坂崎 良樹, 鈴木 卓, 森 英男, 山口 浩樹, 新美 智秀

A242 感圧塗料による回転円盤表面の圧力分布計測
*林田 将也(名古屋大), 松田 佑, 内藤 大, 森 英男, 新美 智秀

A243 3-D 3-C PIV による二次元噴流の三次元乱流計測
*長澤 崇文(宇都宮大), 湯澤 教雄, 二宮 尚

A244 ライデンフロスト現象に与える水滴落下高さとの温度の影響について
*吉田 智(東京大), 染矢 聡, 岡本 孝司

< B室 >

B21 9:00-10:20 OS:宇宙における熱流体問題 3
座長: 松本 聡(宇宙機構)

B211 Half-zone 液柱内温度差マランゴニ対流に対する周囲対流場の影響

*榎本 博昭(東京理大), 川添 彰, 上野 一郎
B212 2自由表面を有する薄液膜内温度差マランゴニ対流

鳥居 孝充(東京理大), *上野 一郎
B213 液柱内温度差マランゴニ対流における液柱径の影響 -宇宙ステーション実験のための地上予備実験 (1) -

*廣川 清文(東京理大), 河村 洋
B214 周囲気体への熱伝達を考慮した液柱内マランゴニ対流の研究 -宇宙ステーション実験のための地上予備実験 (2) -
*高田 良平(東京理大), 河村 洋

B22 10:30-12:10 熱交換器
座長: 円山 重直(東北大)

B221 マイクロ熱交換器用極細管群の熱伝達と流動挙動に関する研究 第2報

小泉 安郎(工学院大), 大竹 浩靖, *荒井 雅史
B222 フィンレスフラットチューブ型熱交換器の熱流動特性

*大西 元(金沢大), 中野 裕之, 多田 幸生, 瀧本 昭

B223 エアコン用熱交換器フィン材の表面摩擦特性に関

- する研究
*久保 康二(住友軽金属工業), 富田 直隆, 磯村 紀寿, 佐々木 直栄
- B224 エアコン用熱交換器フィン表面処理の抗菌に関する研究
*富田 直隆 (住友軽金属工業), 磯村 紀寿, 佐々木 直栄
- B23 13:10-14:30 OS:水素エネルギーに関わる要素・システム技術(燃料電池, 水素製造他) 3
座長: 井上 元 (九州大)
- B231 固体高分子型燃料電池疎水性ガス拡散層内細孔径分布測定
工藤 一彦 (北大), 黒田 明慈, 武岡 聖五, *渡辺 仁, 坂 健太郎
- B232 固体高分子形燃料電池疎水性ガス拡散層における水分透過モデル
工藤 一彦 (北大), 黒田 明慈, *山口 高志, 大島 裕史
- B233 低加湿運転PEECの発電特性と電極間水移動
*藤井 義喜 (東工大), 津島 将司, 平井 秀一郎
- B234 PEFC 発電特性と水分輸送に及ぼすミクロ多孔質層の効果
*津島 将司 (東工大), 小高 敏和, 平井 秀一郎
- B24 14:40-16:00 OS:水素エネルギーに関わる要素・システム技術(燃料電池, 水素製造他) 4
座長: 近久 武美 (北海道大)
- B241 PEFC 単セルを対象とした温度分布の可視化計測および熱・物質移動現象の数値解析
*澁谷 健一 (三重大), 西村 顕, 竹内 将幸, 廣田 真史, 加藤 征三, 中村 義弘 (東邦ガス), 舘 祐成, 成田 雅彦
- B242 NMR センサーによる燃料電池発電時の電流分布計測
*横内 康夫 (慶応大), 小川 邦康, 拝師 智之 (エムアールテクノロジー), 伊藤 衡平 (九大)
- B243 PEFC カソード側ガス拡散層内における水分の可視化と定量測定
*伊藤 寛和 (京都工繊大), 村上 毅, 西田 耕介, 津島 将司 (東工大), 平井 秀一郎
- B244 セクショナルモデルセルを用いたPEFC断面の水滴挙動の観察
*李 相根 (九大), 伊藤 衡平, 宮崎 智彦 (オリンパス), 佐々木 一成 (九大)
- < C室 >
- C21 9:00-10:20 分子動力学 1
座長: 小原 拓 (東北大)
- C211 炭素ナノ粒子の堆積挙動に関する分子動力学解析
*芝原 正彦 (大阪大), 小林 清守, 中村 摩理子
- C212 分子動力学法による垂直配向カーボンナノチューブ膜への金属蒸着プロセス
*井上 修平 (広島大), 松村 幸彦
- C213 斜め蒸着によるウィスカ生成の分子動力学シミュレーション
*奥村 俊明 (京都大), 松本 充弘
- C214 炭素系表面上へのクラスター衝突によるスパッタリング過程の熱力学モデリング
*山口 康隆 (大阪大), 安松 久登 (豊田工大), 近藤 保
- G22 10:30-11:50 分子動力学 2
座長: 山口 康隆 (大阪大)
- C221 分子動力学法によるカーボンナノチューブのフォノン緩和挙動の観察
*西村 峰鷹 (東京大), 塩見 淳一郎, 丸山 茂夫
- C222 シリカナノチューブ内部のイオンの移動現象
*巽 直也 (東京大), 城野 克広 (産総研), 大宮 啓文 (東京大)
- C223 Ni クラスターの酸化過程とエネルギー特性
*ゾロツキヒナ タチアナ (富山大)
- C224 固体薄膜中の熱輸送
*岡野 真弥 (京都大), 松本 充弘
- G23 13:10-14:30 分子動力学 3
座長: 松本 充弘 (京都大)
- C231 SAM 膜-溶媒界面における熱輸送特性の分子動力学解析
*菊川 豪太 (東北大), 川口 暢 (デンソー), 小原 拓 (東北大), 鳥越 栄一 (デンソー), 萩原 康正, 松本 洋一郎 (東京大)
- C232 脂質二重膜界面における熱輸送特性
*中野 雄大 (東北大), 菊川 豪太, 小原 拓
- C233 不凍化タンパク質変異体と氷核を含む水の分子動力学解析
*早狩 浩平 (京都工繊大), 谷口 比呂実, 丸山 善也, 萩原 良道
- C234 分子動力学法における周期境界イメージセルの伸縮による流れの生成
*金城 友之 (豊田中研), 兵頭 志明, 須賀 一彦 (大阪府大)
- G24 14:40-16:00 分子動力学 4
座長: 芝原 正彦 (大阪大)
- C241 専用・汎用計算機を用いた液晶の分子動力学シミュレーション
*亀岡 駿 (慶應大), 坂牧 隆司, 美馬 俊喜, 成見 哲, 泰岡 顕治
- C242 分子動力学法を用いた Lennard-Jones 流体の均一気泡核生成現象の解析
関根 希仁 (慶應大), *泰岡 顕治, 金城 友之 (豊田中研), 松本 充弘 (京都大)
- C243 分子動力学シミュレーションによる核沸騰最初期過程の解析
河辺 俊輔 (京都大), 田中 康太郎, *松本 充弘
- C244 水の構造と比熱
*田中 修 (三木再生エネルギー開発研)

<D室>

- D21 9:00-10:20 限界熱流束 1
座長：大川 富雄 (大阪大)
- D211 Pool Boiling Critical Heat Fluxes on Platinum Ribbon in FC-72
*P. F. Sutopo (神戸大), 福田 勝哉, 劉 秋生, Wataru Mizoguchi
- D212 二成分混合溶液による限界熱流束促進機構の研究 (伝熱面近傍の気液構造)
*中林 勇太 (北海道大), 小野 綾子, 坂下 弘人
- D213 水のサブクールプール沸騰における限界熱流速特性と気泡の挙動 (空気溶解度の影響)
*瀧本 直輝 (神奈川大)
- D214 液体の種類による高熱流束核沸騰域の液層構造
鴨志田 隼司 (芝浦工大), *弓座 京子 (住友スリーエム), 庄司 正弘 (神奈川大), 川口 靖夫 (東京理大)
- D22 10:30-12:10 限界熱流束 2
座長：坂下 弘人 (北海道大)
- D221 ハニカム状多孔質体による飽和プール沸騰限界熱流束の向上
*森 昌司 (横浜国大), 奥山 邦人
- D222 非線形表面エネルギー水溶液の特異沸騰と限界熱流束の研究
*西口 昇太郎 (神奈川大), 松井 大輔, 首藤 大, 庄司 正弘, 小野 直樹 (芝浦工大)
- D223 短い垂直円管内水の強制対流サブクール沸騰限界熱流束 (その9. 熱入力波形の影響)
*畑 幸一 (京都大), 野田 信明 (核融合研)
- D224 加熱細線の限界熱流束に及ぼす細線径と系圧力の影響
*山本 千博 (神奈川大), 田中 淳平, 庄司 正弘
- D225 狭あい流路内強制流動沸騰による大面積からの高効率冷却
*三浦 進一 (九州大), 稲田 幸博, 原 健太, 新本 康久, 大田 治彦
- D23 13:10-14:30 核沸騰 1
座長：門出 政則 (佐賀大)
- D231 透明伝熱面を用いたプール核沸騰における気泡挙動の観察
鴨志田 隼司 (芝浦工大), *降旗 健司, 西村 剛, 庄司 正弘 (神奈川大), 川口 靖夫 (東京理大)
- D232 サブクールプール沸騰中における蒸気泡の伝熱面離脱挙動
*大川 富雄 (大阪大), 長倉 宏至, 原田 敬広
- D233 気泡の発生と相互干渉に関する研究
*安東 輝亮 (神奈川大), 西原 望, 丹下 学 (東京大), 庄司 正弘 (神奈川大)
- D234 加熱極細線の水のサブクール沸騰と系圧力の影響
*柴田 宗孝 (神奈川大), 門間 允誉, 庄司 正弘
- D24 14:40-15:40 核沸騰 2

座長：鴨志田 隼司 (芝浦工大)

- D241 核沸騰過程におけるマイクロ液膜構造と伝熱特性
中村 考作 (横浜国大), *宇高 義郎
- D242 核沸騰過程におけるマイクロ液膜構造 (続報)
宇高 義郎 (横浜国大), *中村 考作
- D243 航空機による微小重力下の核沸騰熱伝達機構解明のための実験について
*坂田 淑乃 (九州大), 赤木 翔太, 吉岡 さゆり, 伊藤 祐太, 佐藤 洋一 (宇宙機構), 大田 治彦 (九州大)

<E室>

- E21 9:20-10:20 燃焼および反応プロセスにおける伝熱 5
座長：鈴木 雄二 (東京大)
- E211 メタンハイドレートの燃焼における自然対流の効果
櫛田 玄一郎 (愛知工大), *青山 泰英
- E212 ウォーターミスト雰囲気における拡散火炎の挙動および構造 (第2報)
*木下 進一 (大阪府大), 辻 真人, 中村 陽平, 吉田 篤正
- E213 管状火炎マイクロ蒸気発生器の開発
*船越 弘 (関西大), 宮本 大嗣, 松本 亮介, 小澤 守, 香月 正司 (大阪大)
- E22 10:30-11:50 二相流の流動と伝熱 1
座長：萩原 良道 (京都工繊大)
- E221 氷スラリーの曲管内流動・熱伝達挙動に及ぼす種々の因子の効果
堀部 明彦 (岡山大), 稲葉 英男, 春木 直人,
*矢吹 昌之
- E222 マイクロ管内気液二相スラグ流と対流熱伝達に関する研究
*賀 群武 (東京大)
- E223 プレート熱交換器内沸騰熱伝達に及ぼす流動方向の影響
*馬場 俊也 (神戸大), 原田 真輔, 浅野 等, 杉本 勝美, 竹中 信幸
- E224 高速炉蒸気発生器伝熱管の急速加熱時の伝熱特性
*栗原 成計 (原子力機構), 下山 一仁, 門出 政則 (佐賀大), 大島 宏之 (原子力機構)
- E23 13:10-14:30 二相流の流動と伝熱 2
座長：中川 勝文 (豊橋技科大)
- E231 アンモニアの水平内面ら旋溝付管内蒸気熱伝達の実験
桃木 悟 (長崎大), *磯崎 裕希, 有馬 博史 (佐賀大), 茂地 徹 (長崎大), 山口 朝彦
- E232 微細構造はっ水面における気体層消失の評価
長谷川 雅人 (金沢大), *京谷 佳明, 新井 雅晴, 上野 久儀

- E233 光吸収法による傾斜面流下液膜の表面波の形状測定
*野底 武浩 (琉球大), 稲嶺 琢磨, 儀間 悟, 水口 尚
- E234 流動層内フィン付き伝熱管群における伝熱・流動特性
*本田 亮佑 (関西大)
- E24 14:40-16:00 二相流の流動と伝熱3
座長: 竹中 信幸 (神戸大)
- E241 非線形溶液のミニ・マイクロチャンネル内流動沸騰時の液滴挙動と温度振動
*吉田 貴洋 (芝浦工大), 金子 高広, 小野 直樹, 西口 昇太郎 (神奈川大), 庄司 正弘
- E242 微細気泡を含む鉛直平行平板間流れの熱伝達に関する数値シミュレーション
*田中 満 (京都工繊大), 井上 智嗣, 松井 則政, 萩原 良道
- E243 不溶性液滴を含む鉛直平行平板間流れの熱伝達に関する数値解析
*宮嶋 陽 (京都工繊大), 橋高 良平, 田中 満, 萩原 良道
- E244 分岐管を用いた固液二相流の分離特性 (主管と枝管の断面積比の影響)
*奥井 隆宗 (福井大), 坪川 真佐樹, 橋本 尚映, 太田 淳一
- < F室 >
- F21 9:00-10:20 乱流のモデル化と数値シミュレーション
座長: 松原 幸治 (新潟大)
- F211 平行平板間乱流の DNS によるスカラー散逸率の輸送方程式の解析
*阿部 浩幸 (宇宙機構), アントニア ロバート (ニューキャッスル大), 河村 洋 (東京理大)
- F212 Large Eddy Simulation による環状噴流中における噴霧流解析
*渡部 弘達 (東北大, 学振), 松下 洋介 (東北大), 青木 秀之, 三浦 隆利
- F213 高シュミット数気液界面乱流のモデリング
*久保 昌之 (大阪府大), 須賀 一彦
- F214 LES による 3 次元バックステップ流路の MHD 乱流熱輸送解析
高見 聡 (九州大), *江原 真司, 横峯 健彦, 清水 昭比古
- F22 10:30-12:10 強制対流
座長: 鳥居 修一 (熊本大)
- F221 横風を受ける高温噴流の温度場推定 (PIV 計測による噴流出口での境界条件の算出方法の検討)
*中谷 恵三 (慶應大), 手塚 英明, 森 治嗣 (東京電力), 菱田 公一 (慶應大)
- F222 自動車触媒コンバータの圧力損失と速度分布の同時改善
*田中 慎也 (同志社大), 舟木 次郎, 谷川 博哉 (舞鶴高専), 平田 勝哉 (同志社大)
- F223 開口キャビティに対する空気流れの熱的制御の数値シミュレーション
*若嶋 振一郎 (一関高専)
- F224 回転円柱を用いた壁面熱伝達の伝熱制御
*西村 直樹 (同志社大), 岡崎 哲治, 稲岡 恭二, 千田 衛
- F225 ヘリウムガスの非定常強制対流熱伝達の実験的研究及び数値解析
*劉 秋生 (神戸大), 福田 勝哉, 柴原 誠
- F23 13:10-14:30 対流熱伝達の促進・制御 1
座長: 武石 賢一郎 (大阪大)
- F231 ナノ流体を用いた管内伝熱促進効果
*鳥居 修一 (熊本大), 佐藤 由多加, 小糸 康志
- F232 サブミリバブルを含む鉛直チャンネル内層流の強制対流熱伝達
*木村 克也 (京都工繊大)
- F233 ミストを含む正方形オリフィスからの衝突噴流熱伝達特性
*金森 梓 (三菱重工), 檜和田 宗彦 (岐阜大), 三松 順治, 親川 兼勇 (琉球大), 杉本 啓 (岐阜大)
- F234 複数ブロックを有する加熱面上の衝突噴流熱伝達
一宮 浩市 (山梨大), *藤森 洋輔, 鳥山 孝司
- F24 14:40-16:00 対流熱伝達の促進・制御 2
座長: 中部 主敬 (京都大)
- F241 界面活性剤が添加された各種有機系ブライン水溶液の流動抵抗および熱伝達低減効果の比較
*春木 直人 (岡山大), 稲葉 英男, 堀部 明彦, 山縣 一馬
- F242 抵抗低減を伴う粘弾性流体の乱流熱伝達の DNS による解析 (熱伝達率に及ぼすレオロジー特性とプラントル数の影響)
香川 祐太 (東京理大), 宇波 (中国石油大), *川口 靖夫 (東京理大)
- F243 大口径蒸気配管暖化時に生成する管内温度成層の抑制
*木村 雄一郎 (日立造船), 柳 浩敏, 土守 敏文, 司城 充俊
- F244 固体壁内の熱伝導を伴う熱交換流路の随伴解析に基づく形状最適化
*崎下 佳賢 (東京大), 鈴木 雄二, 笠木 伸英, 森本 賢一 (海上技術安全研)
- < G室 >
- G21 9:00-10:20 自然エネルギー利用 1
座長: 宮良 明男 (佐賀大)
- G211 雪山冷房システムにおける雪の融解制御
*阿部 大佑 (山形大), 松本 大典, 横山 孝男, 安

- G212 原 薫, 佐藤 重光 (尾花沢市役所)
融雪を兼ねた木材乾燥装置改善 (木材割れの低減と熱交換器の改善)
安原 薫 (山形大), *斉藤 祐貴, 長谷川 拓也, 遠藤 圭太, 横山 孝男, 沼澤 貞義 (沼澤工務店)
- G213 透明温室による体積集熱のもとでの太陽熱木材乾燥
*金山 公夫 (マルシヨウ技研), 馬場 弘, 古賀 信也 (九州大), 瀬戸 英彦 (マルシヨウ技研), 菅原 智美
- G214 透明温室における体積入射日射と体積集熱
*馬場 弘 (マルシヨウ技研), 金山 公夫, 古賀 信也 (九州大), 瀬戸 英彦 (マルシヨウ技研), 菅原 智美
- G22 10:30-12:10 自然エネルギー利用2
座長: 三木 康臣 (北見工大)
- G221 地中熱利用融雪システムの開発 (実証試験と最適設計検討)
津田 亨 (福井大), *永井 二郎, 宮本 重信 (福井県雪対策・建設技研)
- G222 地中熱を利用した融雪舗装体の冬期稼動状況
*山口 正敏 (日本地下水開発), 横山 孝男 (山形大), 沼澤 喜一 (日本地下水開発), 堀野 義人, 安彦 宏人, 安原 薫 (山形大)
- G223 屋根勾配を考慮した大地熱融雪と融雪装置
横山 孝男 (山形大), 菊地 将光 (舟形エコ産業プロジェクト), 大類 伸一 (大類兄弟商会), *戸津 広司 (山形大), 三上 俊, 野木村 徹, 安原 薫
- G224 スパイラル大地採熱管の伝熱特性
*横山 孝男 (山形大), 三上 俊, 戸津 広司, 野木村 徹, 安原 薫, 志賀 均 (ジャスト東海), 前田 健作 (前田技術士事務所)
- G225 地中熱交換器の伝熱性能の評価
*椿 耕太郎 (佐賀大), 宮良 明男, 宮本 一也, 橋田 智之 (ワイビーエム), 稲富 忠将
- G23 13:30-14:30 自然エネルギー利用3
座長: 吉田 篤正 (大阪府大)
- G231 光発電熱ハイブリッド液式平板型ソーラーパネルの開発
*三木 康臣 (北見工大), 相曾 一浩 (矢崎総業), 浅井 俊二, 辻村 雄一
- G232 熱電マイクロジェネレータの性能予測と評価
*黒崎 潤一郎 (九州工大), 山本 明宏, 田中 三郎, 宮崎 康次, 塚本 寛
- G233 熱電変換モジュールによる排煙からの排熱回収実験
*星 朗 (一関高専), 小野 孝文, 赤澤 拓也, 藤本 勲 (関西電力), 菊岡 泰平
- G24 14:40-16:00 ふく射1
座長: 山田 純 (芝浦工大)
- G241 高温環境下における断熱材の赤外線拡散反射スペクトルの測定
- G242 *小野寺 正剛 (ニチアス), 大村 高弘
表面の鏡面反射率・半球反射率・指向放射率を同時測定するスペクトル測定装置の開発
- G243 *若林 英信 (京都大), 牧野 俊郎
赤外線放射温度計による水蒸気吸着体の放射率測定
濱本 芳徳 (九州大), 森 英夫, *赤井 隆文, 三谷 賢史
- G244 シリカマイクロ粒子コロイド結晶の光学特性
*奥 健太郎 (九州工大), 木原 正裕, 宮崎 康次, 塚本 寛
- <H室>
- H21 9:00-10:20 多孔質体の伝熱2
座長: 橋爪 秀利 (東北大)
- H211 セル状多孔体内強制対流一ふく射熱伝達
*カンティコモル プリーチャ (大分大), 斎藤 晋一, 上宇都 幸一
- H212 セル状多孔体を用いた多層流動断熱法に関する研究
*上宇都 幸一 (大分大), カンティコモル プリーチャ
- H213 焼結アルミニウム繊維ヒートシンクの性能実験
*佐藤 寛才 (秋田大), 菅原 征洋, 小松 喜美, 藤田 忠
- H214 高熱伝導性・高吸湿性の室内壁ユニットの開発
若林 英信 (京都大), 畑 斉樹, *牧野 俊郎
- H22 10:30-12:10 多孔質体の伝熱3
座長: 桑原 不二朗 (静岡大)
- H221 含水状態における PEFC 用ガス拡散層の酸素拡散特性 (ぬれ性分布を利用する新構造ガス拡散層)
宇高 義郎 (横浜国大), *廣瀬 生典, 田崎 豊 (日産自動車), 王 世学 (天津大)
- H222 含水状態における PEFC 用ガス拡散層の酸素拡散特性 (X線を用いた新構造ガス拡散層の液水分布可視化)
廣瀬 生典 (横浜国大), 宇高 義郎, *岩崎 大剛, 田崎 豊 (日産自動車), 王 世学 (天津大)
- H223 PEFC のセル電圧および圧力損失変動と結露水分分布の相関性評価 (中性子ラジオグラフィによる同時可視化計測)
*坂田 勇 (神戸大)
- H224 粒子層のドライアウトに及ぼす蒸気流の影響
*赤堀 匡俊 (長岡技科大), 青木 和夫, 荒井 潤
- H225 高熱流束除去に適した多孔質空間構造に関する実験研究
*松井 章 (東北大), 結城 和久, 橋爪 秀利
- H23 13:10-14:30 電子機器の冷却1
座長: 中別府 修 (明治大)
- H231 空冷ファンの P-Q 特性に関する筐体寸法および入口寸法の影響

- *福江 高志 (富山県大), 義基 貴史, 石塚 勝, 中川 慎二
- H232 電子機器熱設計のための空冷ファンモデル (P Q 曲線を用いたモデル化の問題点とその改善策)
*中村 元 (防衛大)
- H233 垂直チャネル電子機器モデル内の自然対流速度に対する壁面加熱条件の影響
*西野 泰史 (富山県大), 今井 亮児, 石塚 勝, 中川 慎二
- H234 電子機器設計のための多孔板流体抵抗の外縁部の影響
*小泉 雄大 (コーセル), 石塚 勝 (富山県大), 中川 慎二
- H24 14:40-16:00 電子機器の冷却2
座長: 中村 元 (防衛大)
- H241 Si MOSFET におけるコンパクト発熱モデルのための熱・電気連成解析
*山本 泰史 (東京工大)
- H242 Si CMOS 内デバイス間相互作用に関する実験
*畠山 友行 (東京工大), 伏信 一慶, 岡崎 健
- H243 微小流路を内蔵したプラスチック板の放熱特性
*中別府 修 (明治大)
- H244 パワーエレクトロニクス基板の熱解析モデルの開発
*渡邊 一充 (富山県大), 石塚 勝, 中川 慎二
- < I 室 >
- I21 9:20-10:20 熱物性値と測定法2
座長: 菊川 豪太 (東北大)
- I211 Young の式の再考察
*米本 幸弘 (京都大), 功刀 資彰
- I212 非線形溶液の表面張力温度依存性の最大気泡圧法による測定
*金子 高広 (芝浦工大), 吉田 貴洋, 小野 直樹, 西口 昇太郎 (神奈川大), 庄司 正弘
- I213 リサイクル材としての廃乾電池焙焼多孔質体の熱的諸特性
*遠藤 涼平 (北見工大), 竹中 宏之, 山田 貴延, 中西 喜美雄, 伊藤 英信
- I22 10:30-11:50 熱物性値と測定法3
座長: 宮崎 康次 (九州工大)
- I221 レーザー誘起表面波法を用いた粘性率測定マイクロチップの開発 (第二報 インプロセス計測のための液面-センサー間距離制御機構の検討)
*長町 隆介 (慶應大), 蛭子井 明, 田口 良広, 長坂 雄次
- I222 レーザー誘起表面波法による粘性率センシングに関する研究 (非ニュートン流体応用のためのせん断速度の検討)
岩島 裕美 (慶應大), *野田 伊織, 長坂 雄次
- I223 ソーラー強制レイリー散乱法を用いた3成分ポリマー溶液の交差拡散現象の研究
丹羽 麻衣子 (慶應大), *太田 雄三, 長坂 雄次
溶融プラスチック充填層の昇温過程における温度分布測定および可視化実験
*山崎 慶 (山口大), 玉井 康仁, 田之上 健一郎, 西村 龍夫
- I224 12:31 弾性型動脈の凍結過程における氷結晶と組織構成要素の相互作用
*石黒 博 (九州工大), 梶ヶ谷 博 (日本獣医生命科学大), 藤川 清三 (北海道大)
- I232 組織凍結に及ぼす超音波照射の影響
*多田 幸生 (金沢大), 瀧本 昭, 塚本 春樹 (コマツ), 大西 元 (金沢大)
- I233 鯖の氷晶成長に及ぼすマイクロ波予備乾燥の影響
*スルホリス ハミディ (九州工大), 鶴田 隆治
- I234 ポリビニルアルコール添加による凍結濃縮スクロース溶液のガラス安定性促進
*王 海燕 (中山大, 産総研), 李 ユン (中山大), 稲田 孝明 (産総研), 呂 樹申 (中山大)
- I24 14:40-16:00 バイオ伝熱・食品の伝熱2
座長: 多田 幸生 (金沢大)
- I241 Matlab による毛細血管の特性と組織酸素分布に関する数値解析
朱 凱 (中国科技大), *賀 纓
- I242 高密度培養バイオリクターの流動特性, および酸素代謝に関する研究
*高野 清 (東京大), クリストフ プロバン, 酒井 康行, 藤井 輝夫, 白樫 了
- I243 ナノ細孔内による DNA 塩基選別の可能性
ゾロツキヒナ タチアナ (富山大), *福井 武生
- I244 細胞・リポソームの誘電分光測定と電場解析
*白樫 了 (東京大), ロイス ランドルフ (ヴェルツブルク大), シュルツ アレキサンダー, ウラジミール スコルコフ, ツィンマーマン ウルリッヒ
- < J 室 >
- J21 9:00-10:20 自然対流1
座長: 北村 健三 (豊橋技科大)
- J211 自然対流熱伝達特性に関する研究 ((1) 排気筒高さの影響)
*若松 光夫 (東芝), 岩城 智香子, 池田 達實, 師岡 慎一, 池田 浩, 中田 耕太郎, 正木 嘉一
- J212 自然対流熱伝達特性に関する研究 ((2) 数値解析手法の検証)
*池田 浩 (東芝), 中田 耕太郎, 池田 達實, 若松 光夫, 岩城 智香子, 師岡 慎一, 正木 嘉一
- J213 高 Ra 数領域における自然冷却システムの研究
*鬼塚 久和 (IHI), 永井 清之, 松野 伸介
- J214 自然対流伝熱場における媒質の圧力変化を考慮し

- た熱伝達実験式の構築
*丸山 直樹 (三重大), 西田 志郎, 小野 浩一, 廣田 真史, 加藤 征三
- J22 10:30-12:10 自然対流 2
座長: 丸山 直樹 (三重大)
- J221 凹凸面を有する垂直冷却板における自然対流熱伝達
*酒井 祐典 (群馬大), 川島 久宜, アフィダ ヌル, 中川西 学, 内山 茂, 稲田 茂昭
- J222 垂直な加熱平板列まわりに生じる自然対流の流動と伝熱 (空気の場合)
*北村 健三 (豊橋技科大), 光石 暁彦, 三角 利之 (鹿児島高専)
- J223 種々形状の平板配列による自然対流層流熱伝達の促進
*松野 匡輔 (名古屋工大), 辻 俊博, 梶田 欣 (名古屋市工研)
- J224 低流量時の加熱垂直円管内対流熱伝達
*熊谷 直己 (日立), 奥山 圭太
- J225 垂直加熱円筒まわりの自然対流熱伝達 (空気の場合)
*木村 文義 (兵庫県大), 車 洋介, 北村 健三 (豊橋技科大)
- J23 13:10-14:30 自然対流 3
座長: 姫野 修廣 (信州大)
- J231 Hele Shaw cell 中での発熱反応時における熱・物質輸送
*吉富 雅明 (山口大), 田之上 健一郎, 池本 浩久, 西村 龍夫
- J232 温度勾配存在下における二成分液体混合系液膜層内の相分離過程に及ぼす対流の影響
小野木 大介 (大阪府大), *杉岡 健一, 塚田 隆夫
永久塩泉による管内湧昇流の予測法の提案
佐藤 鉄哉 (東北大), *知崎 正純, 小宮 敦樹, 円山 重直
- J233
- J234 室内空調時における温度成層化の抑制と PMV の最適化
*川島 久宜 (群馬大), アフィダ ヌル, 中川西 学, 片貝 勇貴, 稲田 茂昭
- J24 14:40-16:00 自然対流 4
座長: 辻 俊博 (名古屋工大)
- J241 超臨界圧における二酸化炭素の自然対流熱伝達 (冷却の場合)
*石原 勲 (関西大)
- J242 密度成層内自然対流熱伝達に及ぼす初期温度の影響 (鉛直二平板間の場合に対する詳細な検討)
*姫野 修廣 (信州大), 水嶋 康夫, 杉本 太郎
- J243 鉛直多孔質層内の自然対流熱伝達に及ぼす仕切り壁の影響
*柿本 益志 (静岡大), 後藤 広光, 増岡 隆士 (北九州市大)
- J244 三次元矩形容器内の導電性自然対流に及ぼす磁気プラントル数の影響
*中村 隆太 (首都大), 田川 俊夫
- <中ホール 300>
- 16:20-16:55 会長セッション
「日本伝熱学会の社会的使命と体制」
- 17:00-18:20 総会

第3日 5月23日(金)

< B室 >

B31 9:00-10:20 OS: 熱流体問題における可視化技術3
座長: 岡本 孝司 (東京大)

B311 ガスエンジンを模擬した環境下での燃焼状況の可視化
*古谷 博秀 (産総研), 高山 能成 (デンソー), 石川 祐一郎 (筑波大), 川名 啓太

B312 エンジン燃焼技術と筒内可視化計測技術の進化
*大倉 康裕 (本田技術研究所), 浦田 泰弘

B313 中性子ラジオグラフィによるエンジン内部のオイル挙動の可視化
*中村 正博 (神戸大), 竹中 信幸, 持木 幸一 (武蔵工大), 浅野 等 (神戸大), 村川 英樹, 杉本 勝美

B314 濃度勾配を有する流れ場におけるレーザ着火の可視化
*齊藤 剛 (明星大), 秋山 実, 古谷 博秀 (産総研)

< C室 >

C31 9:00-10:20 電場・磁場・電荷移動下での伝熱
座長: 田川 俊夫 (首都大)

C311 直流電場付与下における液滴の旋回運動 (II 内部流れの定量的評価)
*佐藤 広美 (能開総大), 望月 高昭 (東京学芸大), 森 康彦 (慶應大), 梶 信藤 (日本電産)

C312 TiO₂粒子充填層内大気圧放電を用いたオゾン生成に及ぼす希ガス混合の影響
*石丸 和博 (岐阜高専), 波多野 杏平

C313 磁気熱風の逆流条件に及ぼす Rayleigh 数の影響
*日向野 三雄 (秋田県大), 佐藤 行毅, 赤松 正人 (山形大)

C314 マイクロ波加熱の高効率化に対する表面構造の効果
赤堀 匡俊 (長岡技科大), 青木 和夫, 上杉 憲央, *谷口 慎弥

< D室 >

D31 9:00-10:20 沸騰
座長: 桃木 悟 (長崎大)

D311 ガラス細管先端部加熱による液体の微粒化
*高島 武雄 (小山高専)

D312 ブレート式蒸発器における局所強制対流沸騰熱伝達に及ぼすアンモニア/水混合媒体の組成の影響
*有馬 博史 (佐賀大), 岡本 明夫, 池上 康之

D313 平板上の放射状液膜流による沸騰熱伝達に対する平板姿勢の影響
*上村 光宏 (東京大), 山神 成正, 白樫 了

D314 サブクール沸騰における蒸気泡微細化・射出現象に関する一考察
有馬 正之 (東京理大), *服部 安祐, 上野 一郎

D32 13:30-17:00 特別セッション: 沸騰伝熱について徹底討論
座長: 小泉 安郎 (工学院大)

D321 粒子法による沸騰のシミュレーション
*越塚 誠一 (東京大)

D322 趙のマイクロ・マクロ液膜モデルの問題点は何か?
*鶴田 隆治 (九州工大)

D323 スプレー冷却中の高温面上のぬれ開始温度について
*光武 雄一 (佐賀大), 門出 政則, 高木 英斗

D324 溶射皮膜を施した伝熱面の沸騰熱伝達特性に関する研究
*浅野 等 (神戸大)

D325 混合媒体の核沸騰における伝熱劣化と伝熱促進効果について
*大田 治彦 (九州大), 酒井 崇, 月成 勇起, 伊藤 康徳, 新本 康久

< E室 >

E31 9:00-10:20 二相流のモデル化と数値解析
座長: 野底 武浩 (琉球大)

E311 サブクール沸騰気泡挙動に関する数値シミュレーション
*小瀬 裕男 (京都大), 河原 全作, 功刀 資彰

E312 二相流界面追跡シミュレーションのための自由エネルギー理論に基づく拡散界面モデル
*高田 尚樹 (産総研), 松本 純一, 松本 壮平, 市川 直樹

E313 CO₂-オイル混合物の水平平滑管および内面らせん溝付管の管内沸騰伝熱流動特性
*小野 貴司 (福岡大), 高 雷, 本田 知宏

E314 熱移動を伴う二相系流れの格子ボルツマンシミュレーション
*田中 義人 (信州大), 鶴 佳文, 吉野 正人

< F室 >

F31 9:00-10:20 物質移動
座長: 平澤 茂樹 (神戸大)

F311 微細径管群への凝縮を利用した汚染物質除去に関する研究
*寺西 恒宣 (富山高専), 碓井 優介, 瀧本 昭 (金沢大)

F312 シャワークリーニングによる環境汚染物質除去システムの開発 (悪臭成分, 微細粒子に対する基礎的特性)
姫野 修廣 (信州大), 寺谷 茂, *山本 祐二朗

F313 シャワークリーニングによる環境汚染物質除去シ

- システムの開発 (粉塵除去に対する基礎的特性)
 姫野 修廣 (信州大), *寺谷 茂, 水嶋 康夫, 山本 祐二郎
 F314 モンゴルの森林火災
 *早坂 洋史 (北海道大), フェルク ムラド アハメ ッド

< G室 >

- G31 9:00-10:20 ふく射2
 座長: 牧野 俊郎 (京都大)
- G311 閉空間における熱収支に関する理論的考察
 *近藤 良夫 (日本ガイシ), 青木 道郎, 山下 博史 (名大工院)
- G312 温水式床暖房への蓄熱材による性能差異
 *柳田 康一 (山形大), 鈴木 伸幸, 横山 孝男, 安原 薫, 菊池 薫 (千歳工務店)
- G313 宇宙機用多層断熱材の施工が断熱性能へ与える影響の実験的研究
 *岡崎 峻 (筑波大), 川崎 春夫 (宇宙機構), 村上 正秀 (筑波大), 矢部 高宏 (宇宙機構), 杉田 寛之, 金森 康郎
- G314 非等方散乱を有するふく射熱伝達数値計算におけるベクトル型高効率ゾーン法
 *姜 玉雁 (アドバンスソフト)

< H室 >

- H31 9:20-10:20 熱伝導
 座長: 石塚 勝 (富山県大)
- H311 ループ型熱音響エンジンの基本特性と評価に関する研究
 *鈴木 啓史 (早稲田大)
- H312 カーボンナノファイバー混合水の凍結掃き出し現

- 象
 *竹内 克也 (信州大), 平田 哲夫, 熊野 寛之, 豊田 明弘
 H313 接触熱コンダクタンスに及ぼすシリコンゴムシートの厚さと接触面圧力の影響
 *大串 哲朗 (広島国際大)

< I室 >

- I31 9:00-10:20 バイオ伝熱・食品の伝熱3
 座長: 鶴田 隆治 (九州工大)
- I311 ペルチェクライオプローブを用いた伝熱制御および凍結領域の制御に関する研究
 *武田 洋樹 (東北大), 円山 重直, 岡島 淳之介, 小宮 敦樹, 相場 節也
- I312 ふく射加熱装置を用いた熱流束制御による温熱療法への応用
 *小笠原 直也 (東北大), 円山 重直, 高島 茂, 小宮 敦樹, 関 隆志, 山家 智之
- I313 過熱水蒸気によって加熱されたさつま芋の熱物性に関する研究
 *岡本 修 (茨城高専), 柴田 裕一, 押久保 武, 鬼澤 文生 (幸田商店)
- I314 プラスチック成形材表面への銀の吸着とその殺菌効果
 庄司 龍太 (群馬大), 中川西 学, 川島 久宜, 後上 典彦, *稲田 茂昭

< 大ホール >

- 11:00-12:30 特別講演
 宇宙飛行士 毛利 衛 氏
 「宇宙から見た新しい地球圏」

第57回理論応用力学講演会

主催 日本学術会議 機械工学委員会・土木工学・建築学委員会合同 IUTAM 分科会

共催 応用物理学会, 化学工学会, ◎地盤工学会, 土木学会, 日本応用数理学会, ○日本風工学会, 日本機械学会, 日本気象学会, ○日本計算工学会, 日本建築学会, ○日本原子力学会, 日本航空宇宙学会, 日本地震工学会, 日本数学会, 日本船舶海洋工学会, ○日本伝熱学会, 日本物理学会, ○日本流体力学会, 日本レオロジー学会, 農業農村工学会, 日本材料学会
(50音順, ◎: 主幹事学会, ○: 幹事学会)

開催日 2008年6月10日(火)～12日(木)

会場 日本学術会議 (東京都港区六本木7-22-34)

趣旨 「理論応用力学講演会」は力学に関する最も権威ある世界の組織 IUTAM の開催する国際会議の国内版として開催されてきました。力学が細分化する中で、各々の分野の先端的研究を集めて、幅広い力学研究の動向を確かめ合うことが本講演会の目的です。本年度も、多くの力学の共通語を中心としたオーガナイズドセッションとパネルディスカッションを組み、ご要望にお応えしたいと存じます。皆様の多数のご参加をお待ちしております。

特別講演

6月10日(火) 13:15～14:15

PL1 粘土の圧密と砂の締固め/液状化 ―構造概念を中心に―
講師 浅岡 顯 (名大)

6月11日(水) 13:00～14:00

PL2 乱流: この困難な課題(仮題) 講師 笠木伸英(東大)

6月12日(木) 13:00～14:00

PL3 シャンソンのパラダイムを越えて―サンプル値制御理論を利用した誤差の制御― 講師 山本 裕 (京大)

パネルディスカッション

6月10日(火) 14:30～17:00

PD2 原子力における最先端計算科学技術
モデレータ 越塚誠一(東大), パネリスト 吉村 忍(東大), 中島憲宏(日本原子力研究開発機構), 湊 明彦(アドバンスソフト), 内藤正則(原子力発電技術機構), 森井正(原子力安全基盤機構)

6月10日(火) 14:30～17:00

PD3 熱ふく射の波長制御と応用
モデレータ 花村克悟(東工大), パネリスト 牧野俊郎(京大), 山田 純(芝浦工大), 斎木敏治(慶応大), 高原淳一(大阪大), 宮崎康次(九工大)

6月12日(木) 9:30～12:00

PD1 粒子に基づく数値解析法の本質
モデレータ 前田健一(名工大), 阪口 秀(JAMSTEC)
パネリスト 田中敏嗣(大阪大), 越塚誠一(東大), 島伸一郎(海洋研究開発機構), 松島亘志(筑波大)

6月12日(木) 9:30～12:00

PD4 構造物の崩壊解析の最前線
モデレータ 小河利行(東工大), 元結正次郎(東工大)
パネリスト 大塚貴弘(名城大), 長沼一洋(大林組), 大崎 純(京大), 竹内則雄(法政大), 弓削康平(成蹊大)

オーガナイズドセッション (合計236件)

OS1 地盤工学問題の解析における新しい展開
OS2 風応答・風環境の予測・制御
OS3 構造物の動的解析
OS4 連成現象・複合現象のシミュレーション
OS5 流れの不安定性と空力音
OS7 ミクロ・ナノ熱工学
OS8 非線形現象の解析・制御・応用
OS9 多階層連結系のマルチスケール・マルチフィジックスシミュレーション
OS10 大気・海洋・惑星の流体力学
OS11 地震リスクマネジメント
OS12 化学工学におけるプロセス強化のための移動現象論の新展開
OS13 確率理論の力学問題への応用
OS14 構造同定
OS15 MORPHODYNAMICS
OS16 離散体の力学
OS17 破壊力学の理論とその応用
OS18 構造物のロバスト設計・最適設計
OS19 構造物の減衰
OS20 Eulerian/Fictitious/eXtended FEM
OS21 航空宇宙機の飛行制御技術
OS22 応用逆問題の解の構成と数値解析
OS23 自己相互作用流体の物理現象と数学解析
OS24 金融工学理論の発展
OS25 生体物理的属性の分布測定法の開発と実際
OS26 多相構造とレオロジー

一般セッション (合計36件)

GS1 流体力学
GS2 数値計算法
GS3 構造安定性・熱変形
GS4 土木・建築構造解析

ホームページ 本講演会に関する詳細・最新情報は、
<http://www.jiban.or.jp/nctam/> に掲載されています。

参加申込方法 会期中、会場にて参加申込を受け付けます。直接ご来場ください。

参加費 無料

講演論文集 当日会場にて有料(8000円)にて頒布いたします。

英文論文(査読付) 希望により後日英文 Proceedings が発行されます。詳細はHPをご覧ください。

問合せ先 実行委員会 講演担当幹事 中村恭志(東工大) /
電話 (045) 924-5548 / FAX (045) 924-5549

幹事学会事務局 (社) 地盤工学会 (担当: 戸塚・松本)
〒112-0011 東京都文京区千石 4-38-2 / 電話 (03) 3946-8677
/ FAX (03) 3946-8678 / E-mail : nctam@jiban.or.jp



編集出版部会からのお知らせ —各種行事・広告などの掲載について—



インターネットの普及により情報発信・交換能力の比類ない進展がもたらされました。一方、ハードコピーとしての学会誌には、アーカイブ的な価値ある内容を手にとって熟読できる点や、一連のページを眺めて全貌が容易に理解できる点など、いくら電子媒体が発達してもかなわない長所があるのではないかと思います。ただし、学会誌の印刷・発送には多額の経費も伴いますので、当部会ではこのほど、密度のより高い誌面、すなわちハードコピーとしてぜひとも残すべき内容を厳選し、インターネット（HP：ホームページ、ML：メーリングリスト）で扱う情報との棲み分けをした編集方針を検討いたしました。

この結果、これまで会告ページで取り扱ってきた各種行事・広告などの掲載につき、以下のような方針で対応させていただきたく、ご理解とご協力をお願いする次第です。

対 象	対 応	具体的な手続き (電子メールでの連絡を前提としています。)
本会(支部)主催による行事	無条件で詳細を、会誌とHPに掲載、MLでも配信	申込者は、総務部会長・編集出版部会長・広報委員会委員長・総務担当副会長補佐評議員に記事を同時送信してください。
関係学会や本会会員が関係する組織による国内外の会議・シンポジウム・セミナー	条件付き掲載 会誌：1件当たり4分の1ページ程度で掲載(無料) HP：行事カレンダーに掲載しリンク形成(無料)	申込者は、まず内容を説明する資料を総務部会長に送信してください。審議の結果、掲載可となった場合には総務部会長より申込者にその旨通知しますので、申込者は記事を編集出版部会長(会誌担当)と広報委員会委員長(HP担当)に送信してください。
大学や公的研究機関の人事公募(伝熱に関係のある分野に限る)	会誌：掲載せず HP：条件付き掲載(無料) ML：条件付き配信(無料)	申込者は、公募内容を総務部会長に送信してください。審議の結果、掲載可となった場合には総務部会長より申込者にその旨通知しますので、申込者は記事を広報委員会委員長(HP担当)・総務担当副会長補佐評議員(ML担当)に送信してください。
一般広告 求人広告	会誌：条件付き掲載(有料) HP：条件付き掲載(バナー広告のみ、有料)	申込者は、編集出版部会長(会誌担当)または広報委員会委員長(HPバナー広告担当)に広告内容を送信してください。掲載可となった場合には編集出版部会長または広報委員会委員長より申込者にその旨通知しますので、申込者は原稿を編集出版部会長または広報委員会委員長に送信してください。掲載料支払い手続きについては事務局からご連絡いたします。バナー広告の取り扱いについては http://www.htsj.or.jp/banner.pdf をご参照下さい。

【連絡先】

- ・総務部会長：山田 純（芝浦工業大学）：jyamada@sic.shibaura-it.ac.jp
- ・編集出版部会長：近久武美（北海道大学）：takemi@eng.hokudai.ac.jp
- ・広報委員会委員長：芝原正彦（大阪大学）：shiba@mech.eng.osaka-u.ac.jp
- ・総務担当副会長補佐評議員：小川邦康（慶應義塾大学）：ogawa@mech.keio.ac.jp
- ・事務局：倉水裕子：office@htsj.or.jp

【注意】

- ・原稿はWordファイルまたはtextファイルでお願いします。
- ・HPはメンテナンスの都合上、掲載は申込月の翌月、また削除も希望掲載期限の翌月程度の時間遅れがあることをご了承願います。
- ・MLで添付ファイル配信する場合は、pdfあるいはjpgファイルで2MB以下にお願いします。

46・47期新入会員（2008.1.10～2008.4.10） 正12名・学生38名

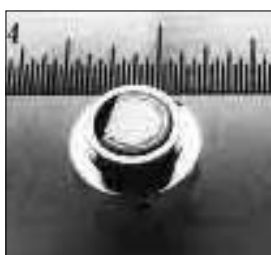
資	氏名	所属	資	氏名	所属
正	山本 隆	佐竹化学機械工業(株)	学	大野 慎吾	茨城大学
学	清水 陽介	九州工業大学	学	岩本 晃和	福井大学
正	花崎 秀史	京都大学	学	尾崎 敦之	九州大学
学	早川 浩司	名古屋工業大学	正	齊藤 泰司	京都大学
学	中島 啓	大阪大学	学	嘉副 裕	慶應義塾大学
学	富田 祐造	富山大学	学	伏見 光明	慶應義塾大学
正	児玉 憲治	名古屋大学	学	千賀 友里子	慶應義塾大学
学	チルムグ	東京工業大学	学	田中 健太郎	富山県立大学
学	小塚 信	東京理科大学	正	青木 道郎	日本ガイシ(株)
学	岡 巧	慶應義塾大学	正	近藤 良夫	日本ガイシ(株)
学	伊藤 洋平	九州大学	学	諸星 道孝	中央大学
学	奥 健太郎	九州工業大学	学	剣持 義明	中央大学
学	山本 祐二郎	信州大学	学	金子 敦士	中央大学
学	寺谷 茂	信州大学	学	清水 芳郎	中央大学
正	佐藤 正秀	宇都宮大学	学	大村 孝之	中央大学
正	塩路 修司	日亜化学工業(株)	学	堀 高誌	中央大学
正	齊藤 恒洋	旭硝子(株)	学	木村 豪	大阪大学
正	青木 修一	東邦ガス(株)	正	古本 直行	JFE技研(株)
学	黒崎 潤一郎	九州工業大学	学	押部 洋	東北大学
学	ハン ヨンベ	東京大学	正	中村 寿	東北大学
学	山田 智功	工学院大学	学	井上 翔	玉川大学
学	反町 岳	東京理科大学	学	岩出 耕太郎	山形大学
学	星野 雄将	東北大学	学	松村 康弘	大阪府立大学
学	澁谷 健一	三重大学	学	小笠原 直也	東北大学
学	瓜田 侑己	宇都宮大学	学	茅野 浩之	豊橋技術科学大学

46期寄付会費（2008.1.31～2008.3.31） 2名

資	氏名	所属	資	氏名	所属
名	黒澤 昭		名	藤田 恭伸	

熱流束センサーは、熱エネルギーの移動密度 (W/cm^2) に比例した直流電圧を出力します。弊社の製品は米国バージニア工科大学が開発した新しい技術をVatell社で商品化したもので、大変手軽に高速・高精度で熱流量の測定をすることができます。特に応答速度の早いこと、センサーからの出力レベルが高いことが特徴で、熱流束マイクロセンサー (HFM) では、応答速度最高6マイクロ秒を達成しています。

熱流束マイクロセンサー



特徴

- 最高速の応答 (約 $6\mu s$)
- 850°Cまで外部冷却不要
- 低雑音 / 高感度
- 熱流束と温度を測定
- 伝導、対流、輻射に等感度

使用例

- エンジン内壁の熱伝達状態観察
- ロケットエンジンのトラバース実験
- タービンブレード熱風洞試験
- 自動車用エアバッグ安全性試験
- ジェットエンジンバックファイヤー試験

ガードン型円形フォイルセンサー



水冷却型

熱伝導冷却型

センサー本体の構造は、薄膜フォイル・ディスクの中心と周囲の温度差を測定する、差動型熱電対をとっています。フォイル・ディスクはコンスタンタンで作られており、銅製の円柱形ヒートシンクに取り付けられています。水冷式は取付け場所の自由度が高く長時間の測定が可能です。

使用例

- 焼却炉・溶鉱炉の熱量測定
- 火災実験の際の輻射熱ゲージ
- バーナーなど熱源の校正用基準器
- 着火性・燃焼性試験 (ISO5657, 5658, 5660)
- 米国防空局のファイヤー・スモークテスト

シート状熱流束センサー



センサーは銅とニッケルのサーモパイルから構成されており、測定対象物に貼付けて使います。センサーは厚さが0.2mmと薄いため、柔軟性に富んでおり、直径1インチの円筒形に湾曲させる事が出来ますので、パイプなどに貼り付けてお使いになるには最適です。

使用例

- 電気・電子機器内の発熱・放熱状態測定
- 熱交換器の効率測定
- パイプの放熱状況測定

熱流束センサー 校正サービス

熱流束センサーの校正作業をお引き受けいたします。校正証明書は米国基準局NISTにトレーサブルです。校正設備の物理的な制約で、お引き受けできない場合もあります。ご相談ください。

センサテクノ株式会社

〒106-0031 東京都港区西麻布3-24-17 霞ビル4F
TEL: 03-5785-2424 FAX: 03-5785-2323

URL

www.senstech.jp

E-mail

senstech@td6.so-net.ne.jp

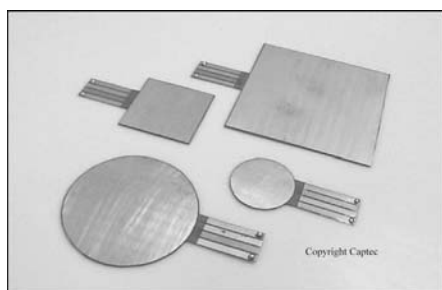
熱流束センサー

テクノオフィスは、独自の高度技術を持つ海外メーカーの
熱流計／熱流束センサーをご紹介します。

CAPTEC 社 (フランス)

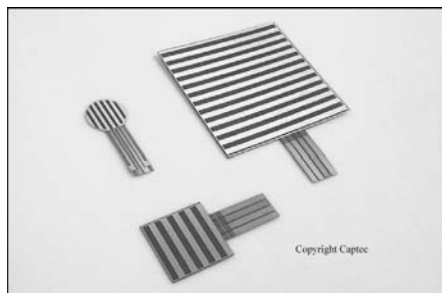
CAPTEC 社は、独自の高度技術により、低熱抵抗で高感度な熱流束センサーを開発・製造致しております。環境温度が変化しても感度は常に一定で、熱流束値に比例した電圧を高精度に出力します。輻射センサーは、輻射熱のみを計測する画期的なセンサーです。特注形状も承っております。

熱流束センサー



サイズ: 5×5～300×300 [mm] (厚み:0.4 [mm])
 熱抵抗値: 0.00015 [°C/(W/m²)]
 熱伝導率: 2.7 [W/mK]
 温度範囲: -200～200 [°C]
 応答速度: 約 200 [ms]
 柔軟性: フレキシブルー直径 30 [mm] に彎曲
 リジッドー平面用
 オプション: 温度計測用 T 型熱電対内蔵
 特注品: 最高温度 350 [°C]または 380 [°C], 防水加工

輻射センサー



サイズ: 5×5～50×50 [mm]
 厚み: 0.25 [mm]
 温度範囲: -200～250 [°C]
 応答速度: 約 50 [ms]
 柔軟性: 直径 30 [mm] に彎曲
 オプション: 温度計測用 T 型熱電対内蔵
 特注品: 最高温度 350 [°C]または 380 [°C]
 波長領域: 広帯域(可視+赤外)／標準(赤外)

【アプリケーション】

◇伝熱一般 ◇温熱環境 ◇サーマルマネキン ◇食品／調理ー焼成オープン ◇コンクリート・地中埋設

○当社では、CAPTEC 製品に最適なデータロガーも取扱っております。お気軽にお問い合わせ下さい。

有限会社 テクノオフィス (CAPTEC 社日本総代理店)

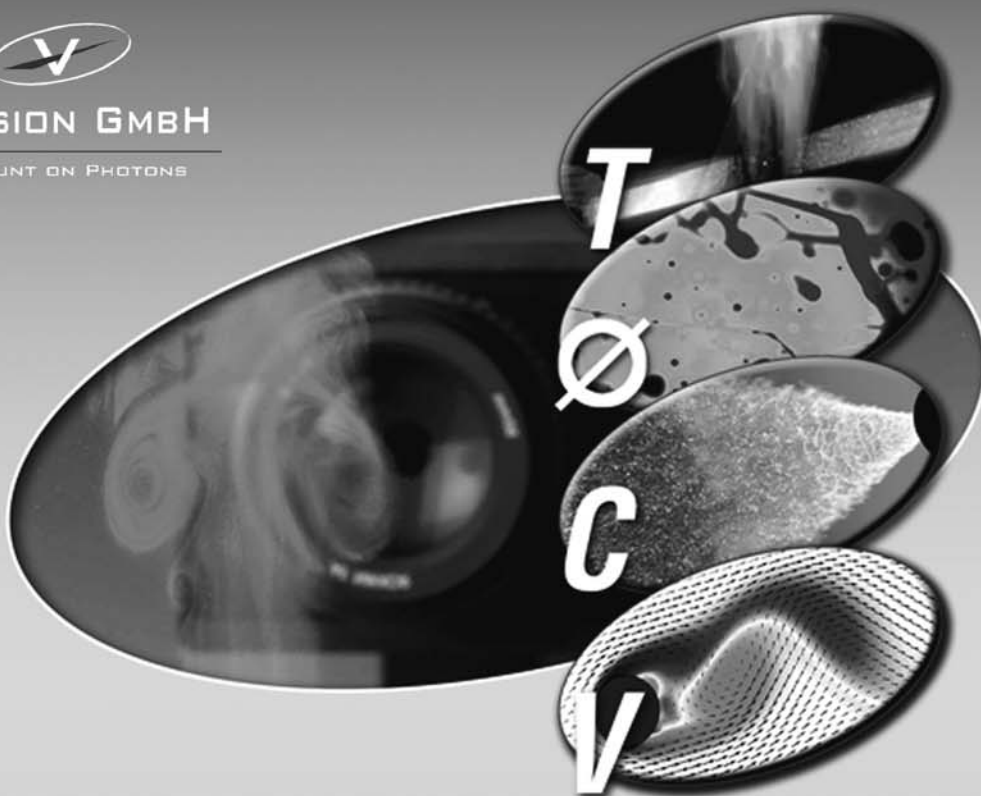
URL: <http://www.techno-office.com/>

● 本 社: 〒225-0004 神奈川県横浜市青葉区元石川町 3712-3-206
 ● 神戸出張所: 〒655-0031 兵庫県神戸市垂水区清水が丘 3-14-15-208

TEL. 045 (901) 9861 FAX. 045 (901) 9522
 TEL. 078 (787) 4351 FAX. 078 (787) 4352

LaVision社レーザーイメージング製品の 日本総代理店になりました

PIV、LIF、Raman、Rayleigh、LII、等の技術を組み合わせた複合計測システムを構築し、種々のアプリケーションでのソリューションを提供します。



Laser Imaging Solution

アプリケーション	Laser Imaging Techniques						計測システム
	Mie	LIF	PIV	Raman	Rayleigh	LII	
流れ 流体力学	流れ構造 パターンション	流れの可視化 ミキシング	流れ場	組成 温度	気体濃度 気体温度		FlowMaster FluidMaster
噴霧	液滴 パターンション	液体(燃料)質量 液体/蒸気	流れ場	液体/蒸気 温度			SprayMaster SizingMaster
	プレーナー液滴サイズ計測		質量流束				
燃焼 エンジン	粒子 液滴	ラジカル、燃料 化学プロセス	流れ場	ガス組成 温度	気体濃度 気体温度	すす	FlameMaster EngineMaster
プラズマ	粒子 生成	種 反応画像	流れ場				PlasmaMaster
材料試験 表面変形	高度画像関連						StrainMaster
	2次元&3次元の変形、歪み場、応力						
上記全ての アプリケーション	(超)高速イメージング						High-Speed Master System
	過渡現象、時-空間関連の時系列過程						

本広告の製品仕様は改善のため予告無く変更する場合があります



KANOMAX

日本カノマックス株式会社
流体計測ディヴィジョン

お問い合わせは、カスタマーサービス窓口へ

Email fluids@kanomax.co.jp

TEL. (03)6825-9090 FAX. (03)5371-7680

URL <http://www.kanomax.co.jp/fgroup.html>

編集出版部会ノート
Note from the Editorial Board

小職が部会長を担当してから丁度4回目の会誌となり、1年が経過いたしました。会誌の発行予定月内に印刷・発行を行うことはなかなか大変ですが、委員の多大なご協力により、これまで大幅な遅滞も無く発行することができました。年度初めに年間の記事構成を打合せし、この4号を発行しましたが、吉田前部会長が担当していたころと比べて、多少、記事数が減少し、また形式も若干パターン化してしまった感があります。特に特別寄稿がこの間、全く無く、多少寂しい気がしております。研究の随想や苦労話、あるいは研究成果の主要部分をまとめた物など、論文集では書けないような記事をご執筆頂き、ご自身の記録としてもご利用頂ければ誠に幸いです。特に、定年退職前後の会員にはこうした記事をご執筆頂ければ、会員も大喜びです。ご自身による投稿は勿論、身近に該当する方がおられましたら、小職宛、ご連絡頂ければ誠にありがたく思います。

裏表紙のグラビアページには、伝熱と多少関連した自然現象写真をこれまで掲載してみました。今回は中国内陸部から春先に飛来する黄砂の衛星写真です。必ずしも鮮明ではありませんが、衛星写真においてこれだけ写るということは驚くべきことです。地上から発生する各種エミッション（炭酸ガスを含む）はより一層多量に大気中に放出されており、もしそれが可視化可能な光を発していたならば、鮮明な映像となるのが容易に想像できます。地球温暖化はどんどんと深刻化しており、2050年までに北極の氷全てが消滅するという話も出始めている昨今です。伝熱研究者に対する期待は益々高まっているものと思います。会員間の気軽な意見交換の場として、Heart Transfer といった欄も用意しておりますので、お気軽に種々のご意見や記事投稿を頂ければ幸いです。

では、今後ともよろしくお願いいたします。

近久武美（北海道大学）
Takemi Chikahisa (Hokkaido University)
e-mail: takemi@eng.hokudai.ac.jp

副会長 門出政則（佐賀大学）	部会長 近久武美（北海道大学）
委員	
（理事） 姫野修廣（信州大学）	吉田篤正（大阪府立大学）
村上幸一（愛媛大学）	森 英夫（九州大学）
（評議員） 黒坂俊雄（神鋼リサーチ）	加賀邦彦（三菱電機）
大黒崇弘（日立国際電気）	角口勝彦（産業総合研究所）
鹿園直毅（東京大学）	中別府 修（明治大学）
長谷川達也（名古屋大学）	

TSE チーフエディター 河村 洋（東京理科大学）
編集幹事 佐竹信一（東京理科大学） 岩本 薫（東京農工大学）

編集出版事務局：
北海道大学大学院工学研究科エネルギー環境システム専攻 近久武美
〒060-8628 札幌市北区北13条西8丁目
Tel: 011-706-6785 Fax: 011-706-7889, takemi@eng.hokudai.ac.jp