

ISSN 1344-8692 Vol. 41 No. 167

伝 熱

*Journal of the Heat Transfer Society of Japan*

伝熱学会 40 周年記念号シリーズ

< 10 年間の伝熱研究の進展 ( その 2 ) >

2002.3

# 「伝熱」原稿の書き方

## How to Write a Manuscript of Dennetsu

伝熱 太郎 (伝熱大学)  
Taro DENNETSU (Dennetsu University)

### 1. はじめに

以下の注意事項に留意して,原稿を作成すること.

### 2. 「伝熱」用原稿作成上の注意

#### 2.1 標準形式

原稿は Microsoft Word 等を用いて作成し,図や写真等は原稿に張り込み一つのファイルとして完結させる.原稿の標準形式を表 1 に示す.

表 1 原稿の標準形式

用紙サイズ	A4 縦長(210mm×297mm), 横書き
余白サイズ	上余白 30mm, 下余白 30mm 左余白 20mm, 右余白 20mm
タイトル	1 段組, 45mm 前後あける (10 ポイント(10×0.3514mm)で 8 行分)
本文	2 段組, 1 段 80mm, 段間隔余白 10mm
活字	10 ポイント(10×0.3514mm) 本文 (Windows) MS 明朝体 (Macintosh) 細明朝体 見出し (Windows) MS ゴシック体 (Macintosh) 中ゴシック体 英文字・数字 Times New Roman または Symbol
1 行の字数	1 行あたり 23 文字程度
行送り	15 ポイント(15×0.3514=5.271mm) 1 ページあたり 45 行 ただし, 見出しの前は 1 行を挿入

#### 2.2 見出しなど

見出しはゴシック体を用い,大見出しはセンタリングし前に 1 行空ける. 中見出しは 2.2 などのように番号をつけ左寄せする.見出しの数字は半角とする. 行の始めに,括弧やハイフン等がこないように禁則処理を行うこと.

#### 2.3 句読点

句読点は , および . を用い, 、 や . は避

けること.

#### 2.4 図について

図中のフォントは本文中のフォントと同じものを用いること.

#### 2.5 参考文献について

##### 2.5.1 番号の付け方

参考文献は本文中の該当する個所に [1], [2,4], [6-10] のように番号を入れて示す.

##### 2.5.2 参考文献の引き方

著者名, 誌名, 巻, 年, 頁の順とする. 毎号頁の改まる雑誌(Therm. Sci. Eng. など)は巻-号数のようにして号数も入れる. 著者名は, 名字, 名前のイニシャル. のように記述する. 雑誌名の省略法は科学技術文献速報(JICST)に準拠する. 文献の表題は省略する. 日本語の雑誌・書籍の場合は著者名・書名とも省略しない.

#### 参考文献

- [1] 伝熱太郎, 伝熱花子, 日本機械学会論文集 B 編, 80-100 (1999), 3000-3005.
- [2] Incropera, F. P. and Dewitt, D. P., *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*, John Wiley & Sons (1976).
- [3] Smith, A. et al., *Therm. Sci. Eng.*, 7-5 (1999), 10-16.
- [4] 山田太郎, やさしい伝熱, 熱講社 (1980).

原稿作成用のテンプレート (MS-WORD) は下記の伝熱学会のホームページよりダウンロードできます.

伝熱学会のホームページ

<http://www.htsj.or.jp/>

または学会誌「伝熱」のホームページ

[http://htsj.mh.sd.keio.ac.jp/dennetsu\\_templ-j.html](http://htsj.mh.sd.keio.ac.jp/dennetsu_templ-j.html)

# 伝 熱

## 目 次

### 10年間の伝熱研究の進展(その2)

電子機器の冷却技術：ここ10年の発展 .....	石塚 勝(富山県立大学) .....	1
10年の伝熱研究の進展：宇宙 .....	藤井 照重(神戸大学) .....	10
対流伝熱計測この10年の進展：(電子機器の発達と共に) .....	前田 昌信(慶應義塾大学) .....	16
ナノ・マイクロスケール伝熱学の変遷と今後の展望 .....	岡崎 健(東京工業大学) .....	25
<b>&lt;支部活動報告&gt;</b>		
九州支部活動報告 .....	石田 賢治(佐賀大学) .....	30

<b>行事カレンダー</b> .....	32
----------------------	----

### お知らせ

第39回日本伝熱シンポジウム .....	34
「伝熱」会告の書き方 .....	55
事務局からの連絡 .....	56
日本伝熱学会入会申し込み・変更届用紙 .....	59
日本伝熱学会賛助会員入会申し込み・変更届用紙 .....	60

### インターネット情報サービス

<http://www.htsj.or.jp/>

最新の会告・行事の予定等を提供

[htsj@asahi-net.email.ne.jp](mailto:htsj@asahi-net.email.ne.jp)

事務局への連絡の電子メールによる受付

**Journal of The Heat Transfer Society of Japan**  
**Vol.41, No.167, March, 2002**

**CONTENTS**

**< Advances of Heat Transfer Research in the Past 10 Years: Part 2 >**

An Overview on Development of Electronic Equipment Cooling Technologies in this Decade

Masaru ISHIZUKA (Toyama Prefectural University) ······ 1

Advances of Heat Transfer Research in the Past 10 Years: Space

Terushige FUJII (Kobe University) ······ 10

Measurements in convective heat transfer in the recent decade

Masanobu MAEDA (Keio University) ······ 16

Past, Today and Future in Nano-Microscale Thermal Science and Engineering

Ken OKAZAKI (Tokyo Institute of Technology) ······ 25

**<Report of Branch>**

Report of Kyushu Branch

Henji ISHIDA (Saga University) ······ 30

**<Calendar>** ······ 32

**<Announcements>** ······ 34

電子機器の冷却技術：ここ10年の発展  
*An Overview on Development of Electronic Equipment Cooling  
 Technologies in this Decade*

石塚 勝(富山県立大学)  
 Masaru ISHIZUKA (Toyama Prefectural University)

1. はじめに

電子機器の冷却技術についての10年の歴史は明確である。低価格化と空冷の歴史である。30年前から15年前までは、大型計算機の冷却の歴史と言っても過言ではない[1,2]。1970年にIBMが水冷の計算機を世に出してからは、日本も追いつき追い越せと新型大型計算機を世に出したが、それに搭載されたLSIチップの発熱量とLSIモジュールの発熱密度は急激に増加し、図1の示すように液冷を中心に、冷却技術にしのぎを削っていた。それが、15年前から、ダウンサイジングという現象があらわれた。大型機に計算主流の場を奪われていた据え置きでないデスクトップ形の性能が向上し、大型機を使わなくても大抵の計算ができるようになった。そこに、1984年にラップトップ型パソコンが現れ、さらにノートブック型、A4版からB5版へとさらに小型化し、さらに筐体厚みが15mm以下と薄くなり、1GHzCPU、メモリ512MB搭載しており、一時期の大型計算機を上回る性能である。この過程には実装技術[3,4,5]の発展が大きく貢献したが、図2をみてわかるとおり、その間、パソコン搭載のCPUの発熱量も飛躍的に上昇しており、常に熱問題が顕在化したのである。それを常に解決してきたのが、冷却技術である。ここでは、10年間の技術の発展を述べるが、紙数の都合もあるので、特に大きく貢献した日本の技術を中心に紹介することにした。また、これからこの分野で研究する人が参考になるように、文献をできるかぎり拾い集めたが漏れもあるので、ぜひ、中山が整理した技術動向報告[1,6,7]も参考願いたい。

一般にシステム実装は、システムを構成する機器レベル、その中に搭載される基板レベル、その基板に搭載されるモジュールやパッケージレベル、そのパッケージに実装されるチップレベルに分類される。ここでは、冷却技術をシステム・機器レベル、基板レベル、パッケージ・チップレベルとその他単体デ

バイスごとに技術の発展を記述することにする。

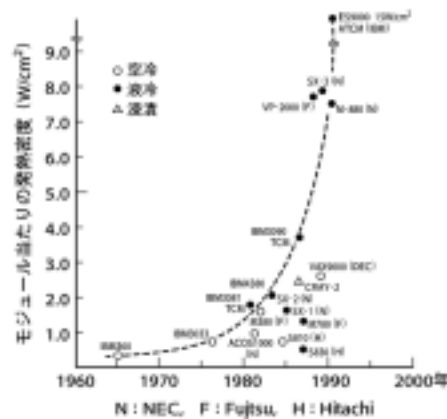


図1 大型計算機用モジュールの発熱密度[5]

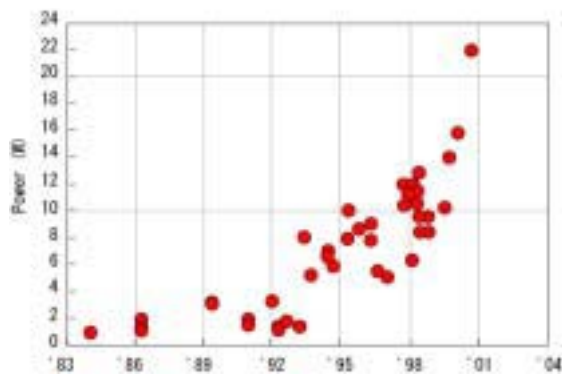


図2 パソコンの性能推移

2. システム・機器レベルの技術

システム・機器レベルの研究は、実機の内部が複雑なため、マクロな取組みから次第に詳細な取組みになってきている。

## 2.1 縦型自然空冷機器

自然空冷は、冷却能力が低いものの、騒音がなく、信頼性がたかいので、何時の世でも必要な技術である。ただし、解析的には熱場と流れ場が練成するので、かなり難しい技術であるが、機器の設計用に実験的かつ解析的資料が整えられつつある。図3のように縦型の機器で通風を考慮した研究がはじめられている。しかし、機器内部はヒータ[8-10]か基板列[11]という単純構造であるが、設計への応用が可能な結果がえられている。また、自然空冷通風窓の設計用に極小レイノルズ数域での金網のデータも得られている[12]。

## 2.2 薄型自然空冷機器

基礎的なものとして、Zhangら[13]は、密閉箱中に個別の発熱源を入れ、内部の自然対流と一部の側壁の熱伝導を考慮した複合問題を解析している。その条件では、Nu数がRa数の1/5乗となる結果を導いている。対流と熱伝導(+放射)とを組み合わせた複合問題が今研究の焦点となっている。実際、計算が不安定になり、単に計算機の容量ではなく、計算アルゴリズムの開発も必要になる。この種の問題では、一部の壁だけ熱伝導を扱い、それ以外は断熱にするケースがまだまだ多い。

また、最近のパソコン筐体のように極めて薄くなると、久野ら[14,15]のように、その内部はRa数が小さく、対流が発生しないのではないかと考え、パソコン内部の熱伝導解析を中心にした数値シミュレーションやそれを用いた設計法が提案されている。また、熱設計でも、薄型にするため筐体にMG合金を使い、それをヒートシンクとして使う方法や、CPUからヒートシンクまでをヒート

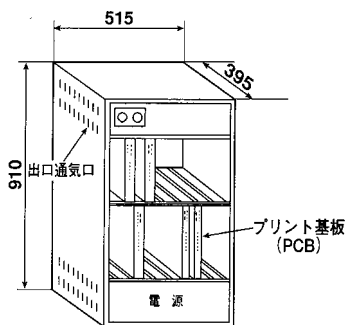


図3 自然空冷通風機器の例[9]

パイプを使う設計も小林ら[16-18]や Yazawaら[19]によって発展している。さらに、パソコンサイズの電子機器の性能予測に熱回路網法を用いた自然空冷冷却性能評価法も大橋ら[20]によって提案されている。複雑な内部構造の場合にはまだ熱回路網法が有効のようである。また、小林ら[21]により、遺伝的アルゴリズムや応答曲面法などのコンピュータ支援型知識工学手法と組み合わせることで、より効果的なコンピュータ活用、限界設計手法が提案されている。これはチップ構造の検討にも応用されている[22]。西尾ら[23]も遺伝的アルゴリズムを用いて、簡易熱解析モデルを開発し、ノートブック内を解析している。

## 2.3 強制空冷密閉機器

強制空冷機器でも、場所によっては汚染されない密閉型が必要である。ヒートパイプを用いて、密閉型の自然空冷機器の小型化と冷却能力向上に熱設計が行われている[24,25]

## 2.4 強制空冷通風機器

本来、一番使われているが、インバータ[26]とか一部の機器を除いて、強制空冷通風機器を一体的に捉えた研究は少ない。ほとんどの研究は後出の基板レベルに落とすか、あくまでもファンやヒートシンクなどの要素で考えるかである。これは、自然対流と同じく筐体内部の流れを解く事が難しいからである。

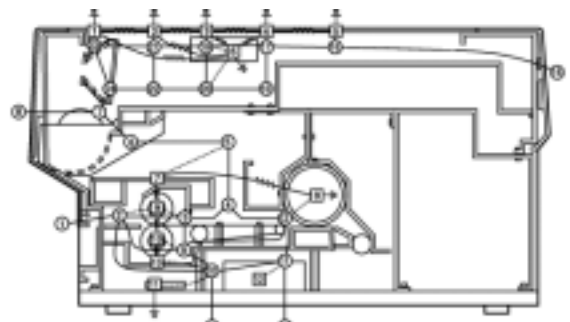


図4 複写機内熱流の節点法によるモデル化[29]

今、コンピュータでは、PCにかぎらず小型軽量化が要望されているが[27]、最近奥ら[28]は、細管群を用いたマイクロ熱交換機的设计の最適化を提案している。

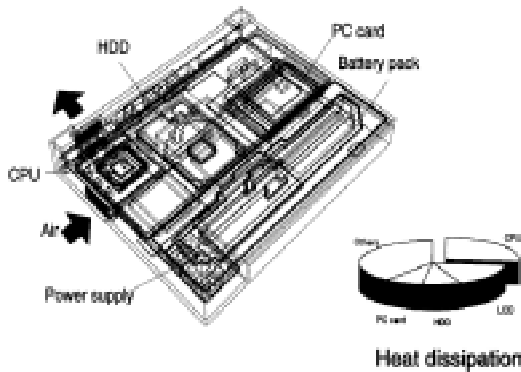


図5 冷却ファンつき PC の解析モデル[30]

この分野で期待が強いのは、熱性能を予測する解析技術である。と言っても電子機器の中の流れを本格的に解くことは、現時点では賢明とはいえない。そこで、ランプモデルを流体（流体節点法）にも熱（熱回路網法）にも応用する取組み[29,30]や、流体場には節点法を用いて、それを境界条件に温度場は熱伝導で解析した例がある[31]。

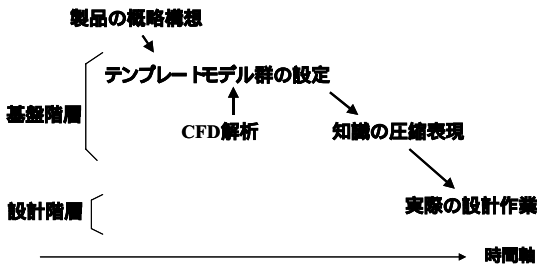


図6 解析の階層化[32]

ところが、これらは、モデル化にある意味のノウハウを必要としているため、汎用解法とはいいたいがたい。そこで、今、中山が提唱しているビルトアップアプローチ（BUA）というコンパクト解析法が注目を集めている[32-36]。

これは、現場の設計者でも使える設計コードが必要という観点から提唱されているもので、これには、図4に示すように、「テンプレートモデル群の設定」と「知識の圧縮」というキーファクターが含まれる。この提唱に関し、機械学会プロジェクト（中山主査）として、システムメーカー、半導体メーカー、材料メーカー、CFDコードベンダー、大学の研究者が参加して、方法論の検証をしている[37-45]。いまだ道半ばだが、成果を期待したい。

システムの最適化については、小木曾[46]は、Bejan[47]の提唱したエントロピ法を拡張し、熱力学第2法則にもとづき、エントロピ発生とエネルギー損失を使いシステムの全体性能の特質を論じている。

### 3. 基板レベル

基板レベルの研究・技術開発はきわめて充実している。

#### 3.1 自然空冷

基板を並行平板、パッケージを個別発熱源とした研究結果が藤井、富村[48,49]、Behniaら[58]、Pakら[51]によって提示された。これらの研究は、一般に平板内と個別発熱源内の熱伝導を考慮することで、自然対流と熱伝導を同時に解く複合問題として発展途上である。

#### 3.2 強制空冷

強制空冷には対流と噴流が利用される。

3.2.1 強制対流 五十嵐ら[52-56]は、一連のブロック列の研究で電子機器の放熱設計用データを詳細に報告している。基板上に搭載されたパッケージ用ヒートシンクを想定し、直方体ブロックや円柱ブロックを数列並べた場合の、ブロックまわりの熱伝達率と圧力損失を詳細に取得し、共に5~10%以内で近似できる整理式を提示している。たとえば、従来角柱まわりの熱伝達予測に層流熱伝達の式を使っていたが、適当でないことを指摘している[52]。長方形柱まわりこれらのデータは、将来解析のためのベンチマークとしても使われる可能性がある。また、中村[57]らは、基板上の個別パッケージを想定し、立方体まわりの熱伝達データを詳細に報告している。

川村ら[58]は、高発熱のCPUに装着するファン付きヒートシンクの冷却性能にファン取り付け高さがどう影響するかを調べた。対流用ヒートシンクでは、一般に並行平板フィンが代表格である。そしてその性能は一樣流中の性能で代表される。しかし、それを実際の機器に搭載したら当然性能が変化する。それらの報告は、岩崎ら[59,60]、Sasaoら[61]によってなされている。筐体内では、自然対流も強制対流も混合している。そのため、

石塚ら[62]は、LSI パッケージ用の小型同一フィンの自然対流と強制対流の両者の性能も提示している。また、ある形状フィンの汎用的な性能予測も提案されており、佐田ら[61,62]の楕形フィンや水上ら[65-66]と Shinohara ら[67]のピンフィン、さらに岩崎ら[68]のマルチチップモジュール用の平板フィンの報告がある。

さらに、パソコン用にヒートパイプをビルトアップしたヒートシンクも開発されているが[69,70]、今後も発展していくことであろう。

3.2.2 噴流冷却 噴流は個別に制御しやすいことから、最近ヒートシンクとからめた研究例が多い。近藤ら[71-74]は、LSI パッケージの搭載するヒートシンクに上部から冷却風を供給する衝突噴流冷却方式に着目し、冷却風の流れの形態からヒートシンクを2種類(並行平板フィン、ピンフィン)に分け、それぞれの場合の熱抵抗、圧力損失を予測できる物理モデルを提案している。さらにそれらの物理モデルを用いて、冷却ファンなどの境界条件が与えられた場合について、それぞれのヒートシンクの最適形状を見出している。また、ハイエンドコンピュータ用の3次元実装用の新概念を含む冷却構造の提案もしている[75]。千葉ら[76]は衝突噴流が機器冷却に効果的に使えるように、スリット付き平板フィンを流れ方向に傾斜配置したジェットスリットヒートシンクを提案している。衝突噴流を実用的にするためには、ノズル機構の小型化が避けておれない。一宮ら[77-79]は、円形の衝突噴流熱伝達を詳細に研究し、2次元的には明らかにはされていなかった環状衝突噴流やノズルを斜めにした場合の効果等をあきらかにしている。今後の設計資料として楽しみである。また、島田ら[80]は、基板上ではなく実装基板内の層間バンブ接続法線板の熱特性を評価している。この分野も発展が楽しみである。

### 3.3 液体衝突噴流

フロリナートを冷媒に用いた研究は多くなってきている。これは次世代冷却にらんだものだが、個別熱源配列の衝突噴流とチャンネル流れによる冷却の数値シミュレーションを行われている[81,82]。Gima ら[83]はノートブック P 搭載の IC を冷却するための間接冷却法を提案している。

## 4. パッケージ・チップレベル

パッケージレベルでは、パッケージを個別発熱源として、基板の存在を考慮した解析モデルの提案が多い[84,85]。また、バッテリーパック[86]の解析やパッケージ基板の非定常温度場を数点という少ない温度場に分け、熱回路網法を用いて解析した例がある[87]

### 4.1 マイクロチャンネル技術

2010 年では大規模計算機用の半導体の消費電力は 200W から 600W に上昇が予想され、その発熱密度は  $1000\text{kW/m}^2$  をも視野に入れる必要がある。そこで、マイクロチャンネルの利用が期待されている。もともと、マイクロチャンネルを用いた冷却法は最初 Tuckerman ら[88]によって提案されたもので、半導体チップの裏面にミクロンオーダーの溝を切り、そこへ冷媒を流すため、半導体冷却で問題となる冷却部の接触熱抵抗を大幅に軽減でき、冷却性能を向上させることができる。実用を目指したものとして圧力損失の軽減などを目的としたマニフォルダ型のマイクロチャンネルが提案されている[89]。伝熱性能の評価[90]なども行われている。Nakayama[91]は、図7に示す長方形型  $2\text{cm}\times 2\text{cm}$  のチャンネル底板で天井が傾いている場合の流路において流熱 CFD シミュレーションのケーススタディ(表1)を行った。図8はフロリナート FX3250 を冷媒とて求めた結果である。図8では、Mizunuma ら[92]の実験(1mm チャンネル高さ)と比較している。ケース A がかなり良い結果を示している。

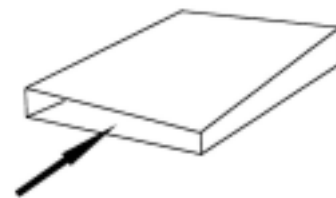


図7 天板が傾いたチャンネル[91]



表1 ケーススタディリスト[91]

Case	Inlet side dimensions (mm)	Outlet side dimensions (mm)	C	x
A	1, 1	1, 1	0.0132	0.892
B	1.5, 0.5	1.5, 0.5	0.0243	0.869
C	1.5, 0.5	1.5, 0.5	0.0233	0.883
D	1.1, 0.9	1.1, 0.9	0.0350	0.862
E	1.1, 1.1	0.9, 0.9	0.0155	0.963
F	0.9, 0.9	1.1, 1.1	0.0340	0.831

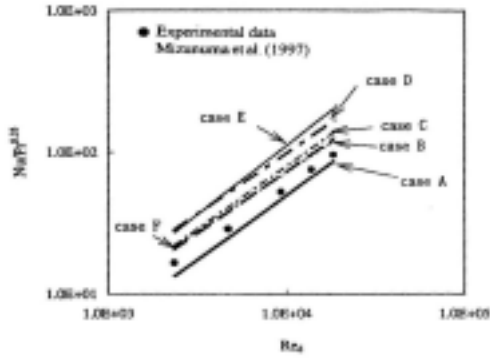


図8 ケーススタディ結果と実験値との比較[91]

また鈴木ら[93,94]はサブクール流動沸騰を用いた電子デバイスの高熱流束除熱を提案している。最近、川野ら[95,96]が実際にシリコンチップに図9のようなマイクロチャンネルを形成して、図10のような実機をイメージした冷却装置を作成し、コンパクト性や信頼性などを中心に、実際の電子機器冷却への適用可能性を検討した。

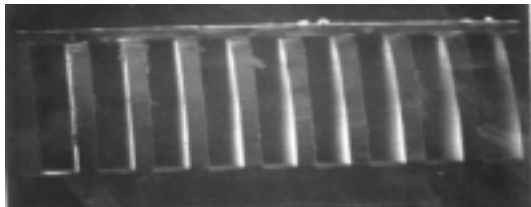


図9 試作したマイクロチャンネル[96]

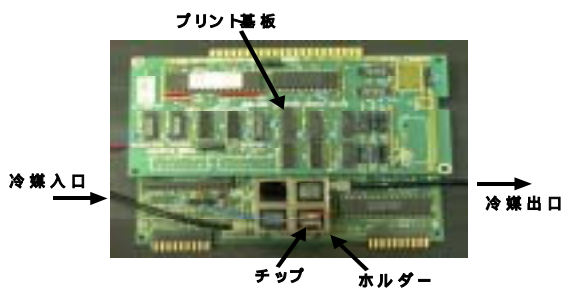


図10 マイクロチャンネルを用いた熱交換器のプリント基板搭載イメージ[95]

熱交換器の設計では、 $57\mu\text{m} \times 350\mu\text{m}$  のチャンネルを使用し、チップ表面の平均熱抵抗が  $0.1\text{Kcm}^2/\text{W}$  を達成している。

#### 4.2 マイクロ解析技術

チップバルクに対する個々のデバイスの温度上昇を予測するためにはデバイスレベルでの熱・電気複合解析が必要となる。もともと、熱はジュール熱から生ずるので当然だが、従来はチップを一塊として捕らえていた。しかし、高周波動作時の半導体の熱・電気特性を考える上では、ミクロな取り組が必要である。伏信ら[97,98]は半導体内部の微細レベルの詳細な解析を行っており、電子、フォノンの非平衡性を考慮しない従来の熱解析で扱う場合の危険性を指摘している。富村ら[99]はモジュール上のベアチップの冷却手段として、高熱伝導率のヒートスプレッダー板を用いた場合について、二次元の円筒座標系による4層と2層モデルに基づく数値解析を行っている。その結果、簡易式によるチップ最高温度の予測が可能としている。

#### 5. 相変化技術

この分野では2相サーモサイフォンに関する研究が多い。冷媒の蒸発と凝縮からなる自然循環型の2相流体ループは付加動力も必要ないので、理想的な冷却手段であるが、1相流に比べ動作が不安定になる欠点がある。Joshiと中山らのグループにより、解析と実験により性能を詳細に把握する研究が続いている[100-103]。特に、冷媒の選定には注目が集まり、冷媒にPF-5060を使った研究

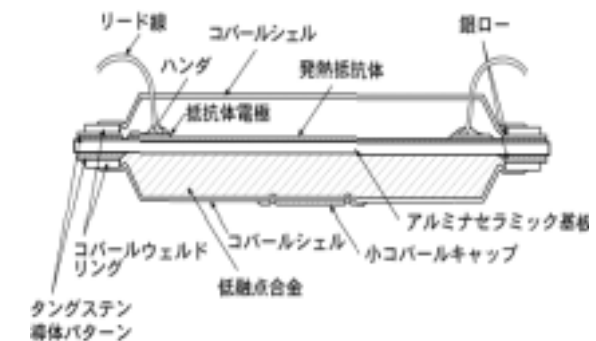


図11 基板裏に相変化材を有するパッケージモデル[104]

が盛んである。さらに、石塚ら[104,105]は高発熱パッケージの冷却に57程度の融点の合金を用いている。

図11のような基板裏に相変化材を有するパッケージモデルを作成し、図12では、間欠動作での冷却効果と熱回路網法を相変化現象に応用した計算結果を示している。

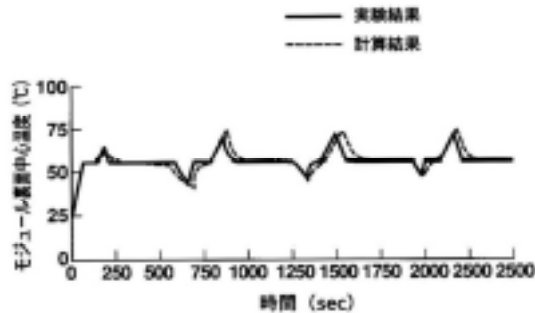


図12 上図パッケージモデルの温度履歴(間欠動作の場合)[105]

## 6. 熱伝導デバイス技術

### 6.1 ヒートパイプ

特にパソコン応用を意図して、ループ型やフレキシブル型などのヒートパイプの開発がされている[106-108]。またヒートパイプ内の沸騰性能を高めようとする研究も行われている[109]。

### 6.2 冷媒振動型デバイス

また、従来のヒートパイプと作動原理が異なるデバイスが注目されている。蛇行した細管内に気相部と液相部を交互の配列して潜熱と顕熱の両熱輸送を行うデバイスが開発されている[110]。そして西尾ら[111,112]は、この種の振動型熱輸送デバイスの性能向上と詳細な性能データを取得している。大容量熱量を輸送するデバイスとしての発展を期待したい。

## 7. 謝辞

本稿を作成するにあたり、中山(前メリーランド大)、五十嵐(防衛大)、藤井(九大)、小木曾(東京工科大)、一宮(山梨大)、伏信(東工大)の各先生のほか、米田(日立)、久野(東芝)、小林(三

菱電機)の各氏から文献のご協力をいただきました。ここに、感謝の意を表します。

## 8. おわりに

ここ10年の電子機器の冷却技術に関する発展を述べた。ここでは、日本の研究を中心に紹介したが、かなりな成果があがっていることがわかりただけのことと推察する。そして、ここ10年は1980年代の液冷技術から2010年にまたはじめられる新液冷技術の間の空冷最盛期ともみられる。

つまり、この分野の研究開発は今後もとどまることを知らない。ぜひ若い研究者の参入を期待したい。

## 参考文献

- [1] Nakayama, W., *Appl. Mech. Rev.*, **49-10**, Part 2, (1996), S167-S173.
- [2] 石塚勝, 電子機器・デバイス熱設計とその最適化技術, 産業科学システム (1999).
- [3] 中山恒, 日本機械学会誌, **103-978** (2000), 110-112.
- [4] 石塚勝, 日本機械学会誌, **103-978**(2000), 320-321.
- [5] 石塚勝, 横野泰之, 佐々木富也, 水上浩, 電子機器の小型化・高速化に対応した熱対策と熱シミュレーション技術, 総合技術センター(1991), p4.
- [6] Nakayama, W., *Electronics Cooling*, **4-3** (1998), 14-22.
- [7] Nakayama, W., *Future Circuits*, Issue3 (1998), 81-88.
- [8] Ishizuka, M., *IMechE Journal-Proc. Inst. Mech. Engrs.* **212**, Part A (1998), 381-383.
- [9] Ishizuka, M., Proc. Symposium on Energy Engineering in the 21<sup>st</sup> Century (SEE2000), Hong Kong, **1**, (2000), 322-327.
- [10] 石塚勝, デバイス・ヒート・パイプ, 久野勝美, 岩崎秀夫, *Thermal Science & Engineering*, **7-3** (1999), 33-39.
- [11] 小林孝, 大串哲朗, 藤井雅雄, 日本機械学会論文集B(掲載予定)(2002)
- [12] Ishizuka, M., Iwasaki, H., Hisano, K., and Biswas, D., *International Journal of Transport*

- Phenomena*, **1** (1999), 133-139.
- [13] Zhang, X, and Fujii, M. The reports of Institute of Advanced Material Study, Kyushu University, **15-1** (2001), 43-49.
- [14] 久野勝美, 岩崎秀夫, 石塚勝, 榎田貞夫, 日本機械学会論文集 B, **62-601**(1996), 3453- 3458.
- [15] Hisano, K., Iwasaki, H., and Ishizuka, M., *Thermal Science & Engineering*, **5-2**(1997), 7-12.
- [16] 小林 孝, 大串哲朗, 角憲明, 藤井雅雄, 日本機械学会論文集 B, **64-628**, B (1998), 255-262.
- [17] Kobayashi, T., Ogushi, T., Sumi, N., and Fujii, M., *IEEE Transactions on Components and Packaging Technologies*, (2000), 6-13
- [18] 青木久美・小林 孝, 大串哲朗, 児玉拓, 藤井雅雄, 第 15 回レトロニクス実装学会学術講演会(2001), 195-196.
- [19] Yazawa, K., Lin, B., and Okuda, M., *Advances in Electronic Packaging 1999*, EEP-26-1 (1999), 1447-1452.
- [20] 大橋繁男, 本間満, 日本機械学会論文集 B, **63-616** (1999), 4043-4049.
- [21] 小林孝, 長嶋利夫, 新山健二, 石原嘉一, 大串哲朗, 藤井雅雄, 第 5 回日本計算工学会講演会(2000), 471-474.
- [22] 小林孝, 大串哲朗, 山本佳嗣, 第 11 回日本機械学会設計工学・システム部門講演論文集 (2001), 141-144
- [23] Nishio, T., Yamada, Y., and Koyamada, K., 1998 IEMT/IMC Proceedings, Omiya, Japan (1998), 167-172.
- [24] 小林 孝, 中村光典, 大串哲朗, 岩丸明史, 藤井雅雄, 日本機械学会論文集 B, **64-626**, B (1998), 190-196
- [25] Kobayashi, T., Nakamura, M., Ogushi, T., Iwamura, A., and Fujii, M., *Heat Transfer Asian Research* (2001), 267-279.
- [26] Nishihara, A., Hara, Y., and Sasaki, K., *CHT' 01 Advances in Computational Heat Transfer II*, **1**(2001), 245-252.
- [27] 近藤義広, 機械の研究, **53-1**, (2001), 190-196.
- [28] 奥知久, 笠木伸英, 鈴木雄二, 日本機械学会熱工学講演会講演論文集, No.01-9, (2001), 555-556
- [29] Ishizuka, M., and Hayama, S., *IMEchE Journal-Proc.Inst.Mech. Engrs.*, **214 A** (2000), 513-522.
- [30] Ishizuka, M., Hayama, S., and Iwasaki, H., *ITHERM 2000 Proceedings*, **1** (2000), 99-106.
- [31] 久野勝美, 岩崎秀夫, 石塚勝, 榎田貞夫, 日本機械学会論文集 B, **64-628**, (1998), 4179-4184.
- [32] 中山恒, *エレクトロニクス実装学会誌*, **4-5** (2001), 392-397.
- [33] Nakayama, W., *Proceedings IPACK'01*, (2001), Paper No. IPACK2001-15532
- [34] Nakayama, W., International Conference on Electronic Equipment (ICEP), Tokyo, (2001).
- [35] Nakayama, W., Benia, M., and Soodphakdee, D., *IEEE Trans. Components and Packaging Technologies*, **24-2**(2001), 199-206.
- [36] 中山恒, 日本機械学会熱工学講演論文集 No.01-9 (2001), 525-530.
- [37] 中村元, 五十嵐保, 日本機械学会熱工学講演論文集, No.01-9(2001), 531-532
- [38] 米田奈柄, 日本機械学会熱工学講演論文集, No.01-9(2001), 535-536.
- [39] 石塚勝, 彭國義, 池田靖, 日本機械学会熱工学講演論文集, No.01-9(2001), 537-538.
- [40] 彭國義, 石塚勝, 日本機械学会熱工学講演論文集, No.01-9(2001), 525-530.
- [41] 奥川良隆, 日本機械学会熱工学講演論文集, No.01-9(2001), 539-540.
- [42] 門田健次, 日本機械学会熱工学講演論文集, No.01-9(2001), 541-542.
- [43] 高松伴直, 久野勝美, 岩崎秀夫, 日本機械学会熱工学講演論文集, No.01-9(2001), 543-544.
- [44] 儀間悟, 張興, 藤井丕夫, 濱野光司, 長田孝志, 日本機械学会熱工学講演論文集, No.01-9(2001), 545-546.
- [45] 茂木正徳, 植田晃, 青木健一朗, 日本機械学会熱工学講演論文集, No.01-9(2001), 547-548.
- [46] Ogiso, K., *ASME J. of Heat transfer*, **123**(2001), 999-1005
- [47] Bejan, A., *ASME J. Heat Transfer*, **99** (1977), 374-380.
- [48] 藤井丕夫, 儀間悟, 富村寿夫, 張興, 日本機械学会論文集(B編), **61-581**(1995), 239-244
- [49] 富村寿夫, 藤井丕夫, 日本機械学会論文集(B編), **57-534**(1991), 676-681.
- [50] Behnia, M., and Nakayama, W., *ITHERM-98*, (1998), 135-142.

- [51] Park, S.-H., Kim, K.-H., Hong, T., and Nakayama, W., *Advanced in Electronic Packaging -1999*, ASME, **1**(1999), 305-311.
- [52] 五十嵐保, 高崎博美, 日本機械学会論文集 B, **56**-529(1990), 2759-2766.
- [53] 中村元, 五十嵐保, 筒井敬之, 日本機械学会論文集 B, **66**-647(2000), 1804-1811.
- [54] 高崎博美, 五十嵐保, 日本機械学会論文集 B, **59**-562(1993), 2021-2027.
- [55] 五十嵐保, 福岡健人, 日本機械学会論文集 B, **66**-646(2000), 1535-1543
- [56] 五十嵐保, 中村元, 福岡健人, 日本機械学会論文集 B, **66**-648(2000), 2157-2165.
- [57] 中村元, 五十嵐保, 筒井敬之, 日本機械学会論文集 B, **65**-637(1999), 3105-3110.
- [58] 川村圭三, 中島忠克, 松島均, 日本機械学会論文集 B, **65**-632(1999)1377-1382.
- [59] Iwasaki, H., and Ishizuka, M., 7<sup>th</sup> Intersociety Conference on Thermal Phenomena in Electronic Systems (ITHERM), **2**(2000), 21-26.
- [60] Iwasaki, H., and Ishizuka, M., *Thermal Science & Engineering*, 8-1 (2000), 19-26.
- [61] Sasao, K., Honma, M., and Nishihara, A., *Advances in Electronic Packaging*, EEP-**19**-2 (1997), 1813-1819.
- [62] Ishizuka, M., Yokono, Y., and Biswas, D., *IMEchE Journal- Proc. Inst. Mech. Engrs.* **214**, Part A (2000), 523-530.
- [63] 佐田豊, 岩崎秀夫, 石塚勝, 日本機械学会論文集 B, **61**-590, (1995), 3764-3769.
- [64] Sata, Y., Iwasaki, H., and Ishizuka, M., *IEEE Transactions on Components, Packaging and Manufacturing Technology*, Part A, **18**-3, (1997), 160-166.
- [65] 水上浩, 望月貞成, 石塚勝, 日本機械学会論文集 B, **60**-575(1994), 2485-2490.
- [66] Minakami, K., Mochizuki, S., and Ishizuka, M., *Journal of Enhanced Heat Transfer*, **2**-1, (1995), 17-22.
- [67] Shinohara, K., Tasaka, M., Tojo, H., Hayashi, C., and Ominato, K., *ASME/JSME Joint Thermal Engineering Conference*, (1999), Paper AJTE99-6309.
- [68] Iwasaki, H., Sasaki, T., and Ishizuka, M., *IEEE Transactions on Components, Packaging and Manufacturing Technology*, A. **18**-3, (1995), 592-595.
- [69] Namba, K., Kawabata, K., Niekawa, J., and Kimura, Y., *Advances in Electronic Packaging 1999*, EEP-**26**-1, (1999), 2121-2128.
- [70] 村瀬孝志, 素谷順二, 中村芳雄, 2001 熱設計・熱対策技術シンポジウム, 日本能率協会, (2001), 4-1-1-28.
- [71] 近藤義広, 松島均, 日本機械学会論文集 B, **62**-596(1996), 1549-1556.
- [72] 近藤義広, 松島均, 小松利広, 大橋繁男, 日本機械学会論文集 B, **63**-611(1997), 2484-2492.
- [73] Kondo, Y., and Matsushima, H., *Journal of Electronic Packages*, **122**(2000), 240-246.
- [74] 近藤義広, 設計工学, **35**-9, (2000), 324-328.
- [75] 近藤義広, 松島均, 日本機械学会論文集 B, **67**-656 (2001), 1020-1026.
- [76] 千葉博・加賀邦彦, 第38回日本伝熱シンポジウム, (2001), 149-150.
- [77] 一宮浩市, 那須敏行, 日本機械学会論文集 B, **59**-561, (1993), 270-275.
- [78] 一宮浩市, 松本弘, 奥村賢, 日本機械学会論文集 B, **62**-599, (1996), 197-204.
- [79] 一宮浩市, 山田祥生, 日本機械学会論文集 B, **66**-641, (2000), 11-217.
- [80] 島田修, 久野勝美, 岩崎秀夫, 石塚勝, 福岡義孝, 回路実装学会誌, **13**-1 (1998), 44-49.
- [81] Behnia, M., Pralits, J., and Nakayama, W., *International Journal of Transport Phenomena*, (2002) 掲載予定.
- [82] Nishihara, A., Sasaki, S., Ohsone, Y., and Nakajima, T., *IEEE Transactions on Components, Packaging and manufacturing Technology-Part A*, **20**-2, (1997), 167-173.
- [83] Gima S., Tomimura, T., Zhang, X., and Fujii, M., Proc. of the 4<sup>th</sup> JSME-KSME Thermal Engineering Conference, 2000, **1** (2000), 681-685.
- [84] Behnia, M., and Nakayama, W., and Wang, J, 6<sup>th</sup> Intersociety Conference on Thermal and Thermo-mechanical Phenomena in Electronic Systems (ITHERM) (1998), 13-151.
- [85] Nakayama, W. and Yoneda, N., *Proc.2000 IEMT/IMC Symposium*, (2000), 9-21.

- [86] Hisano, K., Iwasaki, H., Ishizuka, M., and Yamane, T., *Proceedings of the ASME Heat Transfer Division*, HTD-364-1 (1999), 333-337.
- [87] Ishizuka, M., *Heat Transfer-Japanese Research*, **26-8**, (1997), 641-553.
- [88] Tuckerman, D.B. and Pease, R.F., *IEEE Elec. Dev. Let.* Vol.EDL-2, (1981), 126.
- [89] Copeland, D., Behnia, M., and Nakayama, W., *Thermal science and engineering*, **3-2**, (1995), 9.
- [90] Peng X.F. and Peterson G.P., *Int. J. Heat Mass Transfer*, **138**, (1995), 755.
- [91] Nakayama, W., *Journal of Enhanced Heat Transfer*, **6**(1999), 121-133.
- [92] Mizunuma, H., Behnia, M., and Nakayama, W., 6<sup>th</sup> Intersociety Conference on Thermal and Thermo mechanical Phenomena in Electronic Systems (ITHERM), (1998), 386-291.
- [93] 鈴木康一, 齋藤啓基, 河村洋, 岩崎秀夫, 川野浩一郎, 堀江裕, 日本機械学会熱工学講演会講演論文集, No.01-9 (2001) 551-552.
- [94] 鈴木康一, 小柳正臣, 河村洋, 岩崎秀夫, 川野浩一郎, 堀江裕, 日本機械学会熱工学講演会講演論文集, No.01-9 (2001) 553-554.
- [95] 川野浩一郎, 関村雅之, 水上浩, 岩崎秀夫, 石塚勝, 日本機械学会論文集 B, **66-49**, (2000), 2435-2440.
- [96] Kawano, K., Sekimura, M., Minakami, K., Iwasaki, H., and Ishizuka, M., *JSME International Journal Series B, Fluids and Thermal Engineering*, **44-4**, (2001), 592-598
- [97] Fushinobu, K., Majumdar, A., and Hijikata, K., *Journal of Heat Transfer*, **117**(1995), 25-30.
- [98] 伏信一慶, 館上敦, 星野敬雄, 佐藤勲, 黒崎晏夫, 日本機械学会論文集 B, **65-630**(1999), 749-754.
- [99] 富村寿夫, 九州大学機能物質科学研究所報告, **15-1**, (2001), 73-77.
- [100] Yuan, L., Joshi, Y., and Nakayama, W., *Proc. International conf. Heat Transfer and Transport Phenomena in Micro-Scale*, Banff, (2000), 304-311.
- [101] Ramaswamy, C., Joshi, Y., Nakayama, W., and Johnson, W., *Journal of Enhanced Heat Transfer*, **6** (1999), 279-288.
- [102] Haider, S.i., Joshi, Y.K., and Nakayama, W., *Proc.2001 IMECE Conference*, (2001), Paper NHTC 2-16-6-4.
- [103] Ramaswamy, C., Joshi, Y., Nakayama, W., and Johnson, W., *IEEE Trans. Components and Packaging Technology*, **23-1**(2000), 3, 51-60.
- [104] 石塚勝, 福岡義孝, 日本機械学会論文集 B, **60-574**, (1994), 2165-2170.
- [105] Ishizuka, M., Peng, G., and Hayama, S., *Proc. of the InterPack01*, Paper IPACK2001-15505, (2001).
- [106] Nakayama, W., *Proc. 11<sup>th</sup> International Heat Pipe Conference*, Tokyo, **3**, (1999), 51-60.
- [107] 小林 孝, 大串哲朗, 羽下誠司, 尾崎永一, 藤井雅雄, 日本機械学会論文集 B, **66-645**, (2000), 184-190.
- [108] Kobayashi, T., Ogushi, T., Haga, S., Ozaki, E., and Fujii, M., *Proc. 11th International Heat Pipe Conference*, Tokyo (1999), 42 - 47.
- [109] Sauciu, I., Mochizuki, M., Saito, U., Nguyen, T., Akbarzadeh, A., *ASME/JSME Joint Thermal Engineering Conference*, (1999), Paper AJTE99-6307.
- [110] 萩原克之, 2001 熱設計・熱対策技術シンポジウム, 日本能率協会, (2001), 4-2-1-7.
- [111] Nishio, S., Shi, X.-H., and Zhang, W.-M., *Int. J. Heat & Mass Transfer*, **38** (1995), 2457-2470.
- [112] Hosoda, M., Nishio, S., and Shirakashi, R., *ASME/JSME Joint Thermal Engineering Conference*, (1999), Paper AJTE99-6306.

10年の伝熱研究の進展：宇宙

Advances of Heat Transfer Research in the Past 10 Years: Space

藤井 照重(神戸大学)  
Terushige FUJII (Kobe University)

1. はじめに

20世紀の後半に始まった宇宙開発は、地球生命の40億年の歴史上画期的な出来事であり、21世紀はまさに宇宙への本格的な進出の始まりの時代と考えられる。人類の宇宙での活動の拡大から、様々な宇宙工学技術への展開を基盤としたエネルギーや資源の開発、工学・科学分野における新領域の開発など新しい付加価値を有する産業の創出(例えば集積回路ICや燃料電池は宇宙開発で実用化された技術)が期待されている。

一般に、工学研究は社会・産業情勢の需要・要求と密接に関連し、宇宙においても同様である。新しい物理現象の探求と共に新製品の創製、宇宙インフラを基盤としたシステムのコンパクト化、高性能・高機能化、低コスト化に向けた研究が行なわれている。特に、宇宙では1957年の人類初の人工衛星「スプートニク1号」の打上げ以来、45年を経過しようとし、現在は1998年11月に軌道上の組み立てを開始、2006年には組み立てが完了する予定の国際宇宙ステーション(ISS)の時代に入り、宇宙実験の進展に伴って益々の宇宙における研究が活発化してくるであろう。現在1g下で生活する我々が微小重力場に立った場合にどのようなことになるのか、あらゆる地上のgの影響のある現象はすべて研究の対象となる。更に、宇宙環境は、(1)微小重力場、(2)超高真空場、(3)放射線場、(4)広範囲な温度場、(5)良好な視界、にあるので、これらを利用した研究、また物理現象としては表面張力や濡れ性が顕著となり、(1)無対流・拡散輸送、(2)無沈降・無浮力、(3)無静圧、(4)無接触浮遊、が生じ、これらを利用した新しい材料の創製から地上場と違ったgの影響を探求する研究、更に宇宙インフラの基盤となる工学的な研究までその応用範囲は広い。

2. 宇宙実験の制約

微小重力環境を得るために、現在、(1)落下塔、(2)航空機、(3)小型ロケット、(4)スペースシャトルなど、更に2002年頃から(5)宇宙ステーションが利用されようとしている。各微小重力レベル、持続時間は図1に示すように、(1)落下塔の(株)地下無重力実験センター(JAMIC、北海道上砂川、1991年開所)で $10^{-5}g$ 以下、約10秒、(株)日本無重量総合研究所(MGLAB、岐阜県土岐市、1993年運用)で $10^{-5}g$ 以下、4.5秒、(2)岐阜県のダイヤモンドエアサービス(株)のジェット機MU 300、G-IIで $3 \times 10^{-2}g$ 以下、約20秒間、(3)小型ロケット(NASDA、TR-1A、1991年3月に初号機、ほぼ年1回)で $10^{-4}g$ 以下、約6分である。このような利用環境下ではコスト、電力や冷却水などリソース面、スペース、時間・回数、さらに安全面の制約などがあり、地上実験のように自由に繰り返しが出来ないので、どの条件で実験を行なうかの最適化、しかも熱流動特性に影響する装置特性、さらに残留重力やノイズ(g-ジッター)の影響などを明らかにしておく必要がある。すなわち、宇宙に関する実験研究は、実験機会が限られているので、体系的に研究を押し進めていくのが難しく、この点の考慮が充分になされている必要がある。

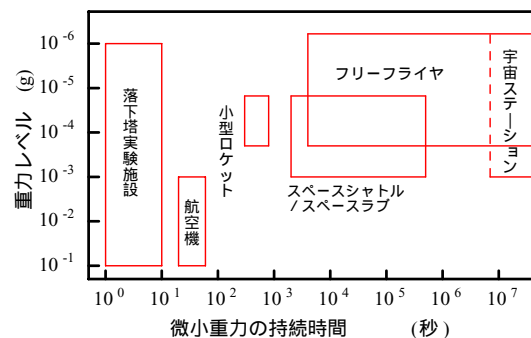


図1 宇宙実験手段の比較[1]

## 3. 宇宙伝熱研究の10年前

宇宙における伝熱研究は宇宙への人類の進出、展開とともに始まってきたわけであるが、「宇宙環境は新しい環境技術を生むか」の夢のあるテーマのもとに、特に新材料として基幹産業の大きな柱であり付加価値の高い半導体の製造が注目された。新材料の糸口はいくつもありもある道筋(相間の非平衡変化, 相転移, ヒステリシス)を見つけて、どんな生成物が得られるかを繰り返すことであるが、その道筋の選択に「乱れ」などの制御パラメーターが係わり、無対流、無浮力からミクロな流体運動の抑制が問題となってきた。これらは液相に分散させた微粒子や微小気泡、あるいは非混合液の乳濁質などをそのまま凝固させて得られる合金、金属複合材、発泡金属の製造にも応用され、タービン翼、バッテリー、さらに高温超伝導材、ベアリング素材、高比強度材などが得られる可能性を有している。また、NASAによる宇宙ステーション参加の呼びかけのあった1984年以降宇宙ステーションの排熱システム技術として従来の単相流体システムに代わり潜熱利用の二相流体による熱管理システムが注目された。

約10年ほど前の日本伝熱シンポジウムの発表講演をあげると、次のようである[9], [10]。

- マランゴニ対流(表面張力差による対流)による融液内対流・伝熱現象,
- プール沸騰現象,
- 大型宇宙船の熱制御法,
- 微小重力下の気液二相流(フローパターン),
- 微小重力下の相変化実験計画
- 二相流体ループの熱伝達特性(アーテリヒートパイプ, 平板オフセットフィン型コールドプレート, ラジエータヘッド),
- 宇宙用気液分離器に関する基礎試験(航空機を用いた微小重力実験),
- 可変コンダクタンスヒートパイプ(VCHP)の性能解析,
- 宇宙用太陽熱発電システムにおける受熱器への液体金属ヒートパイプ適用およびレシーバーの熱特性, ヒートポンプと蓄熱器を組み合わせた宇宙用熱制御,

上記の新材料創製, すなわち単結晶育成, 合金製造あるいは様々な新素材の製造などを背景にその過程において重要な因子であるマランゴニ対流

(上記項目(1)), およびNASAが日本に宇宙ステーション参加の呼びかけのあった1984年以降の宇宙ステーションの排熱システム技術に関連した研究(3)~(8), また宇宙発電システムの検討(9)がなされていたことが分かる。

これらは毎年宇宙環境下, 特殊環境下の伝熱として伝熱シンポや熱工学講演会で5~10件の発表がなされてきた。

## 4. 現在の伝熱研究

昨年の伝熱関連のテーマを挙げてみると、次の様である[11]~[15]。

- (1) ハーフゾーン液柱内温度差間マランゴニ対流場の三次元計測,
- (2) 液柱マランゴニ対流の自由界面熱損失,
- (3) 液柱マランゴニ対流の内部流動パターンと動的表面変形,
- (4) パルス加熱される微小伝熱面上の液膜のマランゴニ流動,
- (5) 二液相分離を伴うレーリー・ベナール対流系のパターン形成に及ぼす重力の影響,
- (6) 液-液界面を有する系における自然対流の観測,
- (7) 水平平行平板間に満たされた臨界流体中に発生するサーマルブルーム,
- (8) 臨界流体中の温度伝搬と対流不安定性,
- (9) 超臨界二酸化炭素強制対流伝熱挙動の可視化計測,
- (10) 臨界点近傍流体(CO<sub>2</sub>)の熱伝達に関する数値計算,
- (11) 微小重力場における気液二相流の流動特性に関する研究,
- (12) サブクールプール沸騰における伝熱面気泡付着面の観察,
- (13) 通常及び微小重力下における極低温流体の強制対流沸騰熱伝達実験,
- (14) 強制流動沸騰熱伝達に及ぼす重力の影響に関する研究,
- (15) 微小重力下における自己浸潤性流体の隣接沸騰気泡の実験,
- (16) Y-ジャンクションを用いた高性能気液分流装置の開発,
- (17) 濡れ性を利用した気液分離,
- (18) 減重力下における管外凝縮熱伝達現象に関

- する研究，
- (19) 液滴ラジエータの作動流体循環に関する微小重力実験，
  - (20) 宇宙用自励振動ヒートパイプの研究，
  - (21) g - ジッターの流体现象への影響(g - ジッター研究活動紹介)，

これらを見ると，マランゴニ対流の研究がさらに詳細になされ，また超臨界圧領域のピストン効果の確認・証明(図2参照，臨界点近傍の大きい圧縮率のために，気体は相変化によって膨張し，音速で伝播して急速に温度を上昇させる)，さらに二相流，沸騰現象などの基礎的研究が多い．マランゴニ対流では初期の定常流から振動流，乱流への遷移メカニズムについて研究されているが，そのメカニズムについてはまだ今後の課題である．さらに，熔融金属，半導体などの低プラントル数のマランゴニ対流に関しては半導体結晶成長実験として実施され(図3参照)，現在盛んに研究がなされているが，温度差の大きい乱流マランゴニ対流に関してはまだなされていない．いずれにしろ，幅広いパラメータを包括する実験及びシミュレーション解析による振動流への遷移モデルの構築が望まれると共に自由表面の変形・移動の考慮が問題とされてきている．

核沸騰現象は相変化を利用した高性能熱エネルギー制御技術の基礎現象として初期の段階から気泡核発生，合体，マイクロレイヤーの挙動，厚さおよび形成機構などについて研究がなされてきたが，今後はさらに技術開発としての取り組みが求められている．

二相流に関しては当初は宇宙インフラの排熱管理システム技術として，常温・常圧の二成分二相流から一成分強制対流沸騰熱伝達の流動・伝熱特性の基礎的研究が行なわれ，ある特定条件での定性・定量的な傾向は掴めているが，これも幅広い

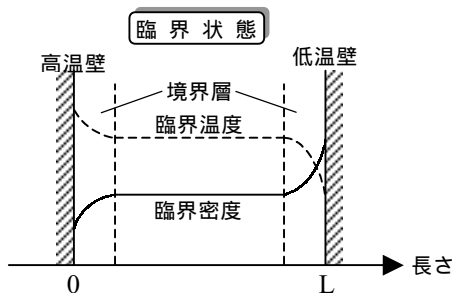


図2 ピストン効果による温度と密度の均一化[6]

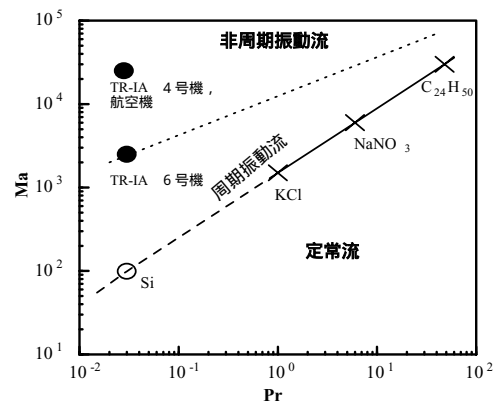


図3 プラントル数に対するマランゴニ対流モード

パラメータ，運転条件のもとでのデータや汎用式などの整備が望まれている．また，宇宙輸送システム構築のための軌道上燃料補給技術として極低温流体の強制対流沸騰熱伝達の研究もなされている．宇宙インフラの具体的な課題を想定した技術開発が現在の急務であり，流動不安定現象などの研究も今後望まれる．

g - ジッターに関する研究は当初から問題にされてはいたが，最近特にその影響のあることが問題にされ始めてきた．すなわち，微視的影響，巨視的影響，g - ジッター解析，制振装置に分類した組織的な研究が行なわれつつある．とくに，拡散係数や気液界面現象へのg - ジッターの影響以外に膜の非線形弾性を利用した軽量小型の受動制振装置の開発が行われ，高い性能を示している(図4)．濡れ挙動に関してはマクロな挙動の観察が行なわれてきたが，今後は接触点近傍のミクロ挙動の観測及び分子動力学による数値解析が必要とされている．

非平衡物理現象として系内に熱力学的ポテンシャルの勾配，例えば温度や密度差，濃度差などが生じると重力場では流れが生じ，それが不安定化して大きなゆらぎを生じることが知られている(レイリー・ベナル対流や結晶成長にみられる界面不安定化など)．この非平衡現象が重力作用が消滅する微小重力場においてどのような様相を呈するかの問題が注目されており，今後の伝熱研究の大きな課題である．また，試料の粘性係数や表面張力などの温度依存性などの各物性値の把握や電場，磁場などの外場力の研究も盛んになってくるであろう．



最近、国際宇宙ステーション近傍において10MW級の宇宙太陽発電システム(SSPS)の軌道上実証システムに向けた検討がなされており、太陽光からマイクロ波にいたる熱管理技術の開発が求められており、メカニカルポンプとキャピラリーポンプの切り替えによる広範囲な排熱要求に対応できる図5に示すようなハイブリッド・ループの伝熱技術の開発が求められている。

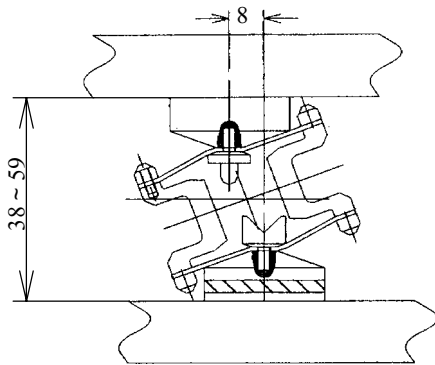
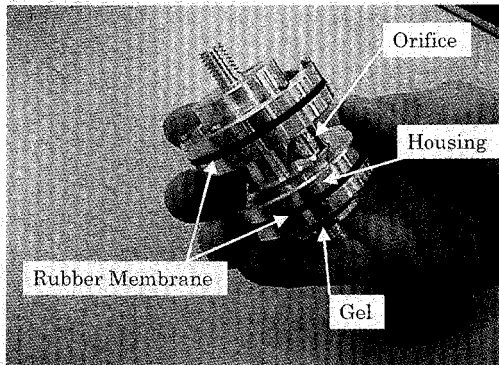


図4 改良型制振装置の概観と構造[3]

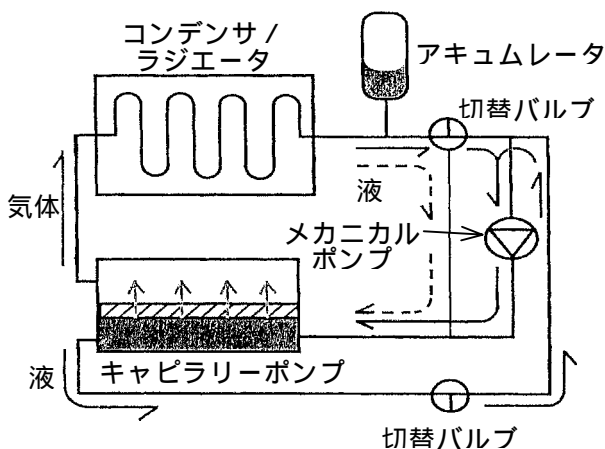


図5 ハイブリッド・ループ[18]  
(メカニカル/キャピラリー式)

### 5. 宇宙環境利用実験と公募

微小重力下の実験は古くは主としてロケットの液体燃料の微小重力場の挙動を調べる目的で落下塔や飛行機で始められ、その後本格的な材料実験、そして、1982年7月のスペースシャトル「コロンビア号」の最初の打上げから宇宙環境の利用が本格的に開始された。我が国でも1992年1月の第一次国際微小重力実験室(IML-1)計画、同9月のスペースシャトルによる第一次材料実験(FMPT)計画、1994年7月の第二次国際微小重力実験部屋(IML-2)計画、1995年3月の宇宙実験・観測フリーフライヤ(SFU)の打上げ、1997年4月の第一次微小重力科学実験室(MSL-1)計画などを既に行なってきた。

地上場と異なり、微小重力環境を得るためには費用以外に回数、時間が大きく制限されるので、十分なパラメーター実験、また大きさ、振動、安全性などの制約から非常に限定された実験となる要素が強い。このような範囲で、現在落下塔(JAMIC, MGLABなど)、宇宙実験用小型ロケット、スペースシャトル以外に、2002年頃から軌道高度約400km、約90分で一周する地球周回軌道の国際宇宙ステーションでの実験が本格的になされることになり、現在、AOの選定がなされており、本格的な取り組みが始まろうとしている。

宇宙環境利用に関する公募地上研究制度は我が国独自の実験棟「きぼう」(JEM)利用テーマの公募/国際公募などへの提案を目的に、フライト実験の準備段階としての地上研究推進のために設立され(図6参照)、宇宙開発事業団から委託された(財)日本宇宙フォーラムが微小重力科学分野(物質科学と材料工学、流体物理、燃焼科学とその応用など)、微小重力物理学分野(特に、巨視的量子現象、臨界点近傍のダイナミクス、複雑性をもたらす非平衡現象、巨視的なゆらぎに対する数理法則の探求など)、宇宙利用技術開発分野(宇宙利用の実現を支えるための宇宙工学など、科学技術の基盤構築のための研究)ほか主に8つの分野で公募、さらに国際宇宙ステーション利用を前提とした国際公募も行われ、国際競争力のある技術開発テーマが求められている。

宇宙基地利用の一次テーマとして現在26テーマが、その内流体物理装置関連では次の5つのテーマが選定され、実験計画書の作成及び「きぼう」

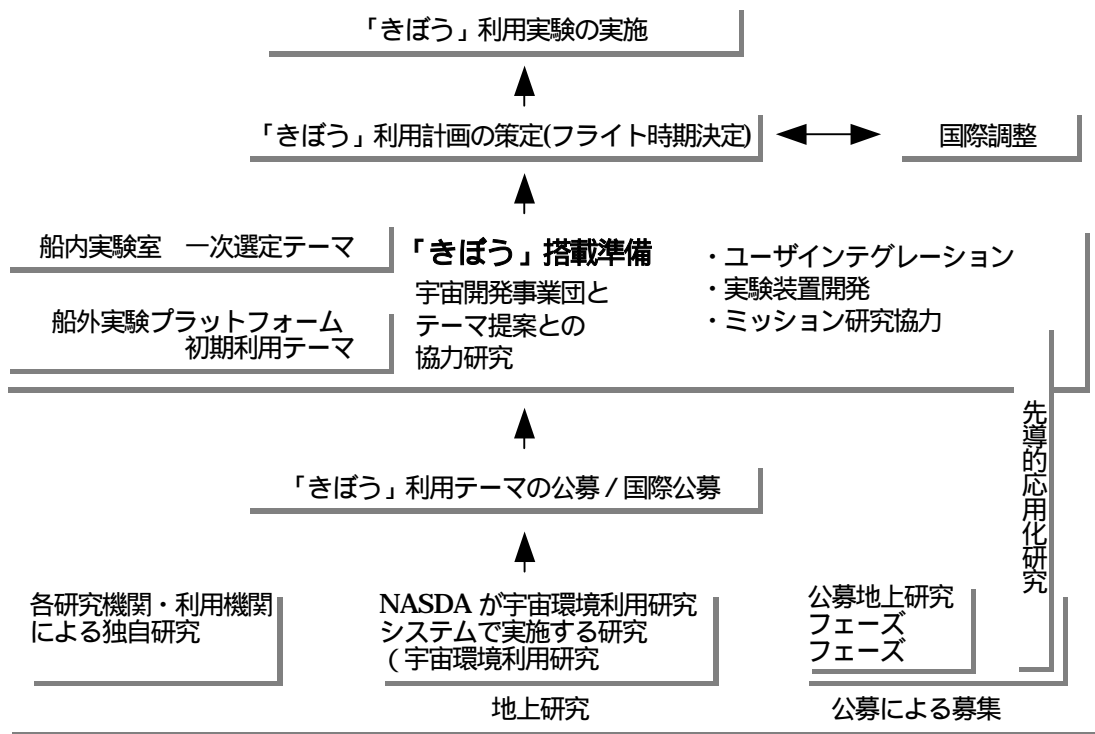


図6 「きぼう」利用へのプロセス[19]

へ搭載できるかどうかの確認作業が行なわれている。特に、凝固・結晶成長及び細胞培養に関するテーマが中心である。いずれも従来から行なわれていた試行錯誤的な研究手法は適用できないので、実験の計画・立案に当たってはシミュレーションによる実験条件の予備検討や地上実験に基づいた実験条件の詳細な検討が必要とされている。

- フローティングゾーン結晶成長法における流体部の無重力場における流動現象
- 電磁場内の気液界面挙動
- 液柱を利用したベナール対流の実験
- マランゴニ対流の定常流からカオス流への遷移過程と流れの内部構造の観察
- マランゴニ対流におけるカオス・乱流とその受動的制御

## 6. 結言

宇宙実験にかかるまでの時定数が地上場より長いので、地上場でも装置の小型化や等密度流体の使用、あるいはシミュレーションによってある程度の予測は可能であるが、他因子による影響が入ってくるため宇宙で適正規模の大きさと実験を行

なってみる必要があり、計画・立案に対して新たな取り組みが必要とされる。微小重力伝熱の基礎研究としてマランゴニ対流現象、プール沸騰、強制対流沸騰、管内凝縮、気泡の運動、濡れ性の解明など、また応用研究として潜熱を利用した排熱管理システムループの研究がそのデバイスを含めて研究されてきた。今後、これらの基礎・応用研究の益々の充実と共にg-ジッターによる熱流体運動のシミュレーション、さらに基礎物理分野として臨界現象、非平衡研究(非線形輸送現象)、パターン形成(非線形現象の定量的把握)、低密度粒子やフラクタル構造の物理、複雑流体(コロイド)の物理などへの伝熱関連研究の場が求められている。また、基礎物理的研究以外に、応用面での研究も重視されてくるので、その点での今後の伝熱研究の場の進展が望まれる。

## 参考文献

- [1] 財団法人日本宇宙フォーラム「宇宙環境利用の手引き」,(2000-1).
- [2] 大西充, 吉原正一, 「g-ジッターの流体现象への影響(g-ジッター研究活動紹介)」, No.01-9, 日本機械学会熱工学講演会講演論文

- 集 2001-11), p.195-196 .
- [3] 円山重直, 渡辺和樹, 須藤和一, 米令二, 「微小重力実験用非線形受動制振装置の開発と g - ジッター低減」, 日本マイクロ重力応用学会誌 Vol.16, No.4, (1999), p.271-281 .
- [4] 藤井照重, 「宇宙における発電システムと排熱技術に関する研究」, 日本機械学会 P-SC194 成果報告書, (1993) .
- [5] 藤井照重, 「宇宙環境下の気液二相流」, (財)宇宙環境利用推進センター, 平成 12 年度宇宙環境利用の展望(2001), p.16-23 .
- [6] 日本マイクロ重力応用学会編, 「宇宙実験最前線」, 榊講談社 (1996) .
- [7] 北村幸雄, 「宇宙工場の建設」, 図書印刷(株), (1986) .
- [8] 宇宙環境利用研究委員会, 微小重力科学専門委員会, 「微小重力科学研究分野の重点研究領域と当面の研究シナリオについて」, (2000-3 改訂) .
- [9] 日本伝熱学会, 第 25 回日本伝熱シンポジウム講演論文集, (1988), p.109-144 .
- [10] 日本伝熱学会, 第 27 回日本伝熱シンポジウム講演論文集, (1990), p.682-708 .
- [11] 日本伝熱学会, 第 38 回日本伝熱シンポジウム講演論文集, Vol.3(2001), p.775-791 .
- [12] 日本機械学会, 熱工学講演会講演論文集, No.01-9(2001), p.187-199 .
- [13] 日本マイクロ重力応用学会, *JASMA* Vol.18 Supplement ,B301, B303, B307(2001) .
- [14] 中納暁洋, 武藤美希, 藤山純一, 永井大樹, 村上正秀, 「微小重力下における液量計測技術に関する研究」, *JASMA* Vol.4(2001), p.263-268 .
- [15] 宇宙科学研究所, 宇宙利用シンポジウム (第 17 回), Vol.17(2001) .
- [16] 宇宙科学研究所, 平成 12 年度宇宙基地利用基礎実験費 研究成果報告書, (2001) .
- [17] (財)日本宇宙フォーラム, 宇宙開発事業団, 宇宙環境利用に関する公募地上研究(概要版) 平成 12 年度研究成果報告書, (2001) .
- [18] Masao Furukawa, "Preparatory study for development of a hybrid capillary pumped loop with a retractable flexible radiator", *SAE981688* (1988), p.26 .
- [19] JSF, 「2001 年公募地上研究ニュース」, Vol.1(2001), p.26 .

## 対流伝熱計測この10年の進展:(電子機器の発達と共に)

*Measurements in convective heat transfer in the recent decade*

前田 昌信(慶應義塾大学)

*Masanobu MAEDA (Keio University)*

## 1. はじめに

10年の進展について「計測」と言う課題を頂いたが、本来、計測は織物の横糸に相当する橋渡し役であり、それぞれの分野に対応して考えると大変に広い範囲に渡るので、全般に目を配りきれものではない。ここでは、対流場における移動現象解析手段の進展が大きいのと思うのでごく一部の例についての紹介にとどまるが、これまでのトレンドを幾分とも感じ取っていただければと思う。

従来、移動現象解明手段の基本は速度測定にあった、もちろん、流体それ自身の対流運動のみならず、流体の動きに乗った温度、物質濃度の拡散情報が必要となる。爾来、夢物語と言われようが、 $x, y, z$ , 空間3次元と時間  $t$  を加えた4次元の世界、さらにパラメータ変数に温度、濃度などを加えた場を計測できれば・・・との思い続けられてきた。言うは易く、行うは難し。未だ夢は遠いが、ここ数年を見てくるとまんざら捨てたものではない状況でもある。少しずつ進んで来ているし、まだ、先へ進む環境はあり、閉塞感はない。移動現象の問題に関して、より複雑な混相乱流の場をも画像を用いた計測法によって扱うようになって来たことから、定性的可視化から定量的な可視化が可能になってきたデジタル画像の10年とも言える。大容量のメモリーならびに信号、処理データを高速に検索、出納するハードウェア、ソフトウェアが必要であるが、今のところ順調に進化しているようなので、我々ユーザーは、ひたすら、操作、処理アルゴリズムの開発、展開に力を注ぐことになる。

それらは概ねセンサー部分に関連する高速取り込み、転送、パルス発生などの部分である。特に、アナログ回路とデジタル回路が同居するような基板はこれだけ高速になると安定な動作をするもの、メインコンピュータとの相性のいいものを探すの

が大切で、そのために常に製品探しにアンテナをはっていないと立ち行かない。センサーを造るのにワイドなセンシング(ちょっと親父ギャグだが・・・)しなければならないのはお笑いである。特に、ベンチャービジネスの領域のサーベイが重要である。彼らは流れとか伝熱移動現象を調べようとする地味な世界では大きな儲けが見込めるわけでもなし、待っていてわれわれのために機器を積極的に開発してくれる余裕も現在の経済の状況では難しい。我々は他の目的に開発されたものの中からデバイスを選んできて用いることになる。シリコンバレー半導体産業用に向いていたアメリカ製小型 YAG レーザーを PIV システム用に振り向けてもらって、汎用流体計測に参入し進化したのは良い例である。これは1995年頃カリフォルニアのニューウエーブ社を見つけ、菱田教授が下見がてら買い付けに行ったのが発端だった。それまでも同種の方法はあったが、パワーが大きく、図体も大きいので小回りが効かなかったのを記憶している。以後、TSI, DANTEC などの PIV システムに採用され、汎用品になったようだ。

それはさておき、PIV/PTV 法はすべての流れ場に使えるわけでないが、温度、濃度場の変動がある時にも場を乱さない、また、粒子自身が熱や酸によって消滅しないようなトレーサを用いることができれば、厳しい燃焼場でも画像内の位置の変化を追って二次元平面内ベクトル場の定量化ができるので、移動現象の定量的可視化のテクニックとして認知されている。遡ってレーザー計測をキーワードにしてリスボンで行っているシンポジウムの記録を眺めてみると1986年頃までは、点計測の LDA そして粒子径、速度同時計測の PDA (PDPA) が主流で、その噴霧系二相流応用計測が全盛であった。1988年になると Whole Field Velocimetry と称したセッションを設けるに値す

る数の報告が出るようになった。短時間に二つのフラッシュ照射が出来るパルスレーザーによるシート光を用いて一枚のホログラム用乾板に粒子像を撮影する。その記録された乾板にレーザー光をあてて得られるヤングのフリンジ像から CCD カメラを用いてコンピュータにデジタル記録して解析する方式 (Adrian 1986) [1] が発表された。逆流のある場合はミラーを動かして一方向にイメージをシフトして粒子の方向を判断した。

一枚の凍結画面だけではなく、時間を追って流れ場の情報を得ようとする考えは画素数が大きく、解像度に満足が出来るようになってきたビデオカメラに注目するようになった。初期のシステムは CW レーザーによるシート光が用いられ、速度はビデオフレーム速度に制約を受けるものの 50ms 乃至 33ms 毎に得られる画像からベクトルフィールドが算出された、水流に適用される場合にはほぼ満足される結果が得られたが、速度が大きくなると対応する像が画面の外に出てしまって、移動距離が算出できなくなる。CW レーザーを音響光学素子を使ってビームを断続させ、カメラの隣り合う画像フレームそれぞれにタイミングよく露光させる。フレームのシャッターの開いている時間の後半に照射し、踵を接して次のフレームの前半にフラッシュを光らせると流れの速度に応じて照射時間間隔が調節できるので、対応した粒子画像が適当な距離内に得られるようになった。

しかしながら、シート光にするには出力の大きい光源が必要である。レーザーをチョップするとしても CW レーザーでは光量が不足する。PIV の場合は、特に、コヒーレント光でなくても良いので Xe フラッシュランプ光をグラスファイバーで導き、一列に並べたファイバーアレイによってシート光を作ったがシートの厚みの調節、光強度さらに持続時間の短いシャープなパルスをつくるのが難しいので、パルスレーザーを使用することになった。一方では、パルスレーザーは特別なものを除いて短時間に繰り返し十分な光量のパルスを安定して、放出するのは難しい。幸い小型の半導体励起 YAG レーザーが手に入るようになったので、2台並列にして光軸をプリズムであわせ、パルス間隔を自由に調節、CCD カメラのシャッター信号と同期させて PIV 撮影をするシステムを作ることができた。また、パルス自身 10ns と短時間なの

でシャープな凍結画像が得られ、高速流に対しても対応可能となった。

## 2. ビデオカメラと PTV/PIV

PTV は流動場に混入した粒子にパルス状のレーザー光を適当な時間間隔で複数回照射し、ビデオカメラを用いて個々の粒子位置の変化を追跡する。粒子の対応付けを確実にするために、粒子濃度をある程度低く抑える必要があるので粒子濃度斑を検出してベクトルを求める相互相関 PIV 法と比べると一画面で得られるベクトル数は少ないが、検査領域が粒子 1 箇分の範囲であるため、得られる速度の空間分解能は高く、奥行きを認識する事ができれば、立体的、3 方向速度成分が得られる。定常流であれば画像を複数重ねあわせ、十分な数のベクトルを得る。西野ら (1989) [2] はカメラを 3 台使用して 4 時刻追跡法によって解析し、DNS の結果と乱流統計量を比較してよい結果をしめしている。密なベクトル場を得るには写真のフィルムを使った自己相関法が取られたが、CCD カメラの高解像度化が見えてくると、異なるフレームの粒子画像の作るパターン相互相関からその粒子群を含む流体塊の移動距離を求めベクトルを求める方法に移行する。Willert & Gharib (1991) [3] は CCD カメラで捉えた画像から FFT アルゴリズムを用いて PIV を構成した。Willert は後に Goettingen へ移り、Kompenhans と風洞などスケールの大きい場の PIV 計測を展開した。

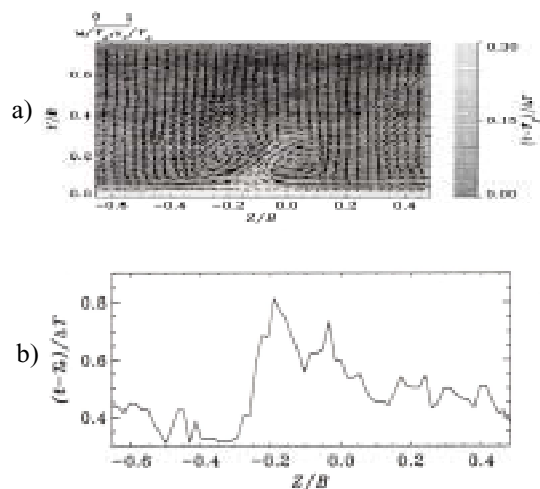


図 1 2次元衝突噴流速度分布と熱平板直上温度分布

伝熱に寄与する PIV 計測を行った, 図 1a) に示すような, 二次元噴流の加熱壁面衝突を PIV で速度場を, そして温度場を LIF で同時計測(榎原ら 1994) [4]したのは時期的に当を得ていた.

熱伝達の温度を壁面温度で整理するが, 表面近くに渦運動がある場合には温度分布が局所的に, また, 時間的にも変動するので, 瞬時の空間の温度分布と速度分布の対応が定量的に出るのが面白い. 図 1 の b) は図 a) から得た壁面直上 1~2mm の位置の温度分布である. 渦運動によって周囲から高温の部分の流体が引き寄せられ外層に排出されるメカニズムが見える. 渦の近傍の温度が高くなっている, 周りが低いのは外層から冷たい流体が流れ込んでいるからである.

未だ高価であったメモリーも次第に大容量化する道程にあったし, 外部トリガーにより正確なカメラと周辺機器とのコントロールが可能になる端子も出してもらえるようになった. カメラ自身, ノンインターレスで高解像度のものが手に入るようになった. 相関法は瞬時速度の空間的な微分量の算出が可能になり, 渦度をもとめられる. 温度測定も階調の分解能が上がったためローダミン B の蛍光発光温度依存性を利用した温度測定(中島ら 1992) [5]を平面に展開し, 用いる事ができた.

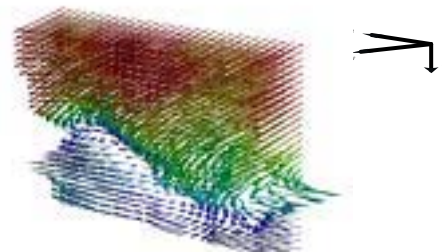


図 2. 2 台のカメラを用いるステレオ PIV 法により得られた瞬時の 3 方向速度ベクトル分布

図 2 は速度場だけであるが, 温度観測用のカメラを速度用に振り替え, ステレオ方式を用い, 或る平面の 3 方向速度成分を表現する事も可能である. これもコンピュータのクロック周波数の向上メモリーの大容量化カメラの高解像度化が進んできた事から見えてきた技術である[6].

### 3. PIV 速度測定への蛍光発光粒子の利用: 気泡周りの速度, マイクロチャンネル内流れ

水流のトレーサとしては密度差が小さい散乱粒子を使用できるが, 密度差が小さいと散乱光が弱くなるので 10 $\mu$ m 程度の大きな粒子を通常用いる. 気泡周囲の流れ, マイクロチャンネルなど水流でも粒子の大きさを大きくできない場の計測では蛍光発光粒子を使うことが多い[7]. 気泡を含む流れでは, 密から疎な媒質に入る角度が浅いと, 乱反射する光が強く, 気泡周囲が図 3 の左の写真に示すように見えなくなる. 蛍光発光によって入射光と異なる波長の光を得, 波長フィルタやダイクロイックミラーなどを用い入射光を遮断することにより粒子を見ることができ(図 3 の右). こうして計測した PIV 速度ベクトルと気泡の投影像をコンピュータ上で再構成して図 4 に示すような時々刻々の気泡の変形と近傍の流体の様子が得られる.

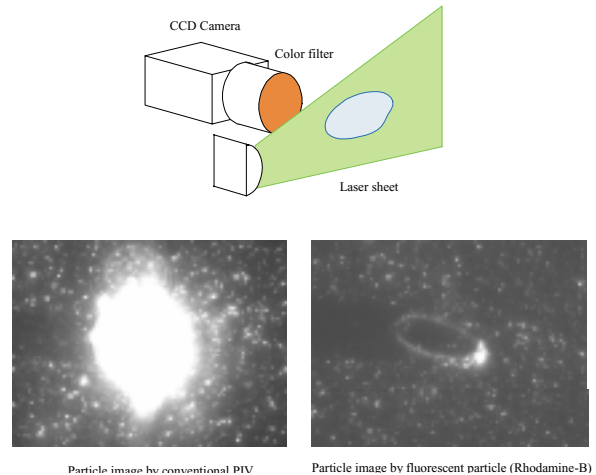


図 3. 気泡近傍の CCD 画像の例. 左は気液界面での乱反射により CCD が飽和し気泡近傍が観察不能な状態. 右図は Rhodamine-B 蛍光粒子と波長フィルタを用いて蛍光発光のみを選択的に撮影した例. [7]

また, マイクロチャンネルにおいては流路それ自身小さく, 粒子も小径のものを用いる必要があるため散乱光が著しく弱くなる. バックグラウンドノイズを避けるためにも発光する粒子が有利であろう. 通常の PIV 撮影する場合にも蛍光発光粒子を用いると丸い粒子がむらなく写り追跡し易い. 感度が上がればトレーサ粒子径を小さくすることができ, 濃度が上がるため, 参照窓中の粒子数を多くできるので, 相関法によってベクトルを求める場合に有利である.

蛍光発光粒子の利用としてマイクロチャンネルの流れがある, 50-100 μmオーダーの流路の流れを測る場合には 1 μm以下の粒子を使う事になるが, 小さいので散乱光が弱くなり, 周りの背景光に埋もれて見えなくなる事が多く, 波長の異なる発光をする粒子と入射光を切るフィルターを使ってコントラストを上げ, PIVによる測定を行う。

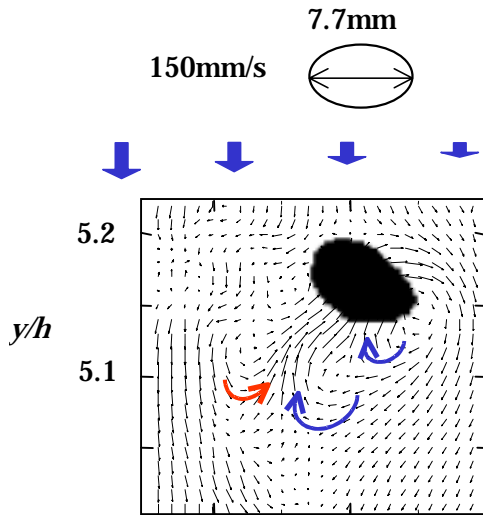


図 4. せん断流中を上昇する非球形気泡の形状の時々刻々の変化と気泡周囲の速度ベクトルマップ. 後流の渦が交互に放出されているのがわかる。

小さな粒子ほどまた, 温度が高いほどブラウン運動の影響を受けるが, ランダム運動であるので定常流の場合はほぼ層流であり, 時間を充分とって平均操作をすれば, 従来の汎用アルゴリズムによって結果が得られる[8, 9]. しかし, マイクロチャンネル内で流体を混合する, または断続的に制御することを考えると, 時間分解能も適宜必要になる. 粒子追跡法(PTV)により各粒子の速度を計測し, PIV 観察窓と同じ大きさの領域における速度情報を増加させた後に, 空間平均を行うことで空間分解能の低下を避けることができる. 図5にサブミクロン蛍光粒子を用いたマイクロチャンネル流れの粒子画像の一例を示す. PIV に用いる粒子画像は粒子濃度が高く PTV 法では画像フレーム間で粒子の対応付けが困難であるので, 粒子対応付けの精度向上には Super resolution PIV[10]に見られるような手法, 即ち, 汎用の PIV で計測して粒子群の移動距離を求め, その距離解情報を手がかりに PTV を行うことでより高空間分能を

得ることが可能である. しかしながら, これらの手法のみでランダムな変動を持つブラウン運動の影響を除去することはできない. そこで, PTV により計測された速度ベクトルを探索窓内で局所的に空間平均し, トレーサ粒子のブラウン運動が速度検出に与える影響を取り除く SAT-PTV (Spatial Averaged Time resolved Particle Tracking Velocimetry)[11]の概略を図6に示す. SAT-PTV 法では瞬時の速度分布を得ることができる. 時間間隔を  $t$  とすると, ブラウン運動による粒子の移動量  $s$  の2乗平均は, 拡散係数  $D$  を用いて式(1)のように表される.

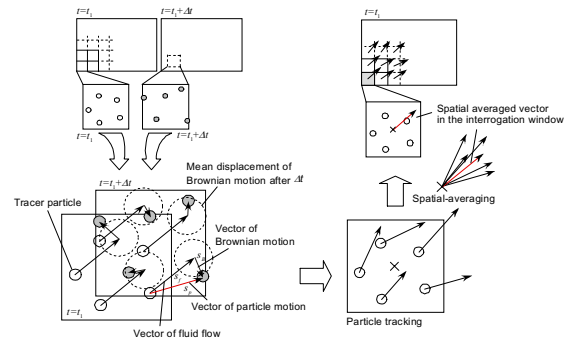


図 5. Spatial Averaged Time resolved PTV 法概略図.

$$\langle s^2 \rangle = 2D\Delta t \tag{1}$$

$$D = \frac{k_B T}{3\pi\mu d_p}$$

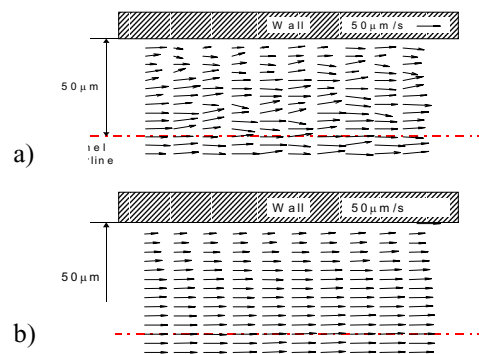


図 6 a) 1 対の瞬時画面から汎用の PIV によって処理したベクトル  
b) 空間平均化手法によりブラウン運動の影響を抑制し得られた瞬時速度ベクトル分布.

ブラウン運動は時間的・空間的に偏りのないランダム運動であるので、参照窓内の粒子数の増加に伴いブラウン運動による誤差の総和が小さくなる。粒子数がブラウン運動による速度ベクトルのランダム成分を打ち消すのに十分なとき、空間平均された速度ベクトルは流体の速度ベクトルと等しくなる。SAT-PTV は時系列計測が可能のため、時間平均操作を行った汎用の相関法を用いた PIV では捉えきれない流れ場の速度変化を計測できる。

4. 粒子径に分布のある噴霧液滴・気泡流の径と速度の面的速度測定

PIV, PTV は粒子を追跡して速度を求める方法である故に粒子の運動が流体と同じである同径同種の粒子を用いることが望ましい。噴霧など本質的に径に分布が在る流れにおいて粒子の速度を計測する場合には粒子の特徴を捉え、個々の速度を計測しなければならない。空間のごく限られた領域内であっても粒子群のパターンが変化するので、その移動を追跡することは適さない。

近年 1990 年代にレーザシート内にある光透過性粒子の直径とその空間分布を測定する干渉画像法が提唱され、希薄な空間分布の場において面的な粒径分布が精度高く測定されるようになった。粒子の径が空間において特徴づけられれば従来の PIV または PTV 法を適用することによって粒子の空間的速度分布が求められることになる。しかしながら、粒径の算出に用いる信号処理法、データ処理法が未発達であったために精度が低く径の比較に用いることができなかった事、また干渉画像の重畳により高濃度の粒子群に対して使用できなかった事で用いられていなかった。

König ら(1986)[12]は、粒子近傍の空間に生じる干渉縞の間隔と粒子径の関係を理論的に導いている。Hesselbecher ら(1991)[13]は幾何光学近似により、粒径  $d$  と干渉縞の間隔、角度  $\delta\theta$  の関係式を導くとともに、標準液滴発生装置を用いて式の妥当性を確認している。図 8 に示すとおり前方に散乱する散乱光のうち粒子表面で反射する 0 次反射光と、2 度屈折して内部を通過して出射する 1 次屈折光の二つの光が支配的であると考え、粒径と干渉縞の間隔との関係を導く。干渉画像法を実流動場に応用した Glover (1995)[14], Skippon (1996)[15]の研究例においては、いずれも粒径の高

精度測定が可能であり、干渉画像法が空間の粒径分布測定に有効であると結論づけている。

ここでは以下に述べる粒子径測定の高精度化、信号の高速コンピュータ内での自動処理アルゴリズムの開発により周囲の粒子との差別化が可能になり、2 枚の画像中での粒子の対応が可能になり、個々の粒子の速度ベクトルの検出が可能となった Maeda (2000)[16], Kawaguchi(2001)[17]。また光学系により粒径、位置の情報を保持したまま画像の一方への圧縮を行って高粒子濃度流に対応できるようになった。本手法によって瞬時・面的な粒子の粒径と位置、速度ベクトルが得られることとなったため、新たに噴霧流、気泡流等への応用が開けたと云える。未だ濃度、粒径、速度の測定レンジに対する詳細な検討は残すものの従来の点計測法に匹敵する、またそれ以上の機能・精度を持った手法として興味を引くものとなる。相関を得るために画素数の大きいカメラと感度の階調のレンジの広くとるので、大容量メモリの必要性は避けられない。実施例[14]では 1 シリーズ 100GB を要したとしている。

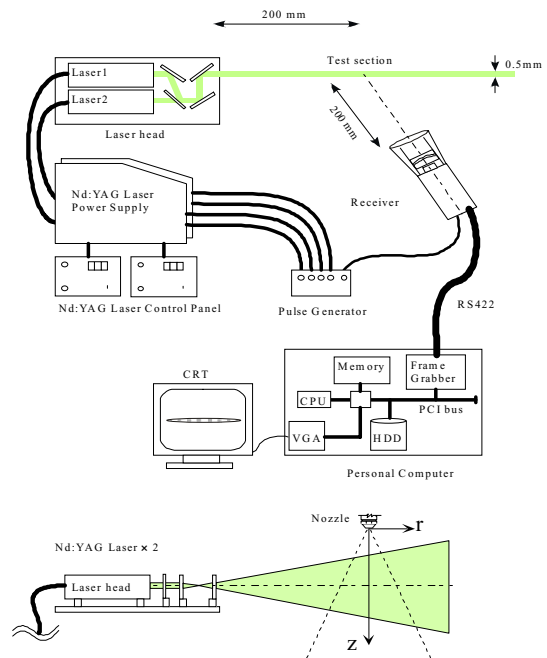


図 7 測定装置概略図。

波長、角度などは光学系により決定されるパラメータであり、滴径は上記光学定数を比例定数として干渉像中の縞数  $N$  の計数により求めることができる。干渉縞の本数は散乱光強度や焦点外れの



度合いに依存しないため較正の必要が無く粒径の干渉像の径と縞の間隔の比が判れば粒径の絶対測定が可能である(図8)。

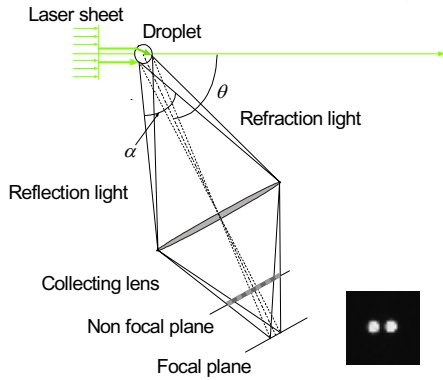


図8 気泡や液滴を見たときの in-focus 像と de-focus 像

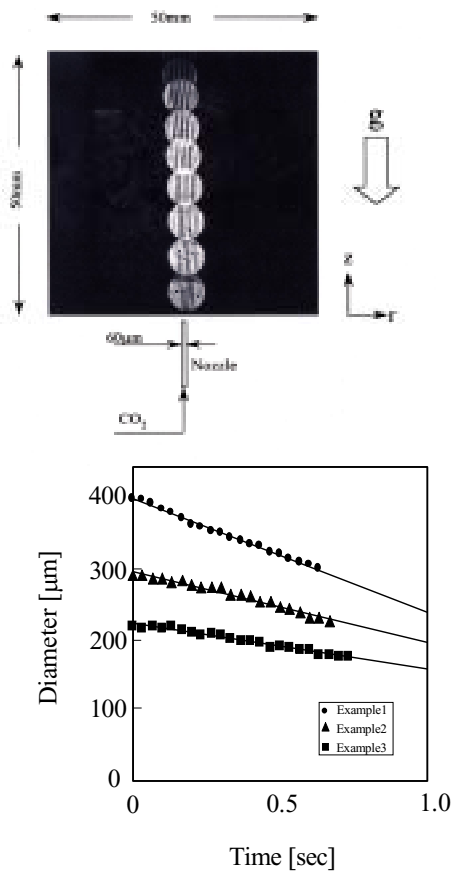


図9 気泡の時間経緯と径の減少 干渉画像とグラフ

図9に示すCCDイメージから同一気泡の上昇時間中に縞間隔が大きくなって行くのが見える。離散FFTの補間法を用いて2-3μmの揺らぎで

径を測定することができるので小さい径の気泡は球であるとして単位時間あたりのCO<sub>2</sub>ガスの水への吸収量が測定できた[18]。図10は大気圧中へ自動車用燃料噴霧した時の像を撮ったものである。かなり濃度が高く円形のデフォーカス像が重なるので図11のように光学系を用いて縞の縦方向に圧縮し、信号処理をしている。

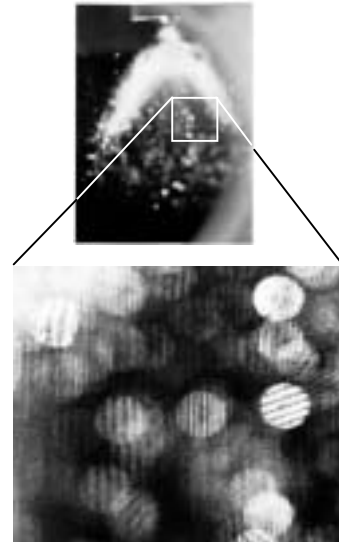


図10 ガソリンエンジン用噴射ノズルからの噴霧の干渉像例

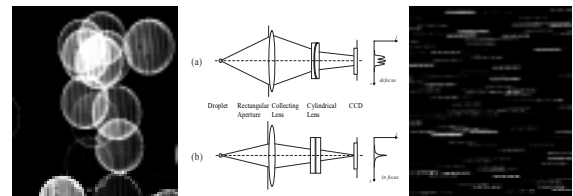


図11 円形画像を縞間隔の情報を残して直線化して密な情報を処理する

速度に関しては図11右に示すように、圧縮した像を用いて2フレームの画像より対を見つける相関計算をする。汎用PIV法では単一速度ベクトルを算出する際に参照窓内に複数の粒子を内包するように窓の大きさを設定し、局所粒子群パターンが不変であると仮定してその移動量を画像処理により求めるが、噴霧などではごく局所的な領域においてもこの粒子の移動速度が異なるため、高い相関は得られにくい。またPTV法では空間的に疎な粒子画像中から検出した粒子像のトラッキングにより個々の粒子の速度を決定する方式をとるが、

粒子濃度の僅かな増加により2時刻の粒子対応付けが著しく困難となる問題があった。本計測手法では高精度にて算出した個々の滴径の情報を含め画像処理を行う事により良好な相関が得られ、粒子高濃度場においても高確度な対応付けを行うことが可能となる川口(2002)[19,20]。本手法は、噴霧など本質的に径に分布のある流れ系に適している方法である。

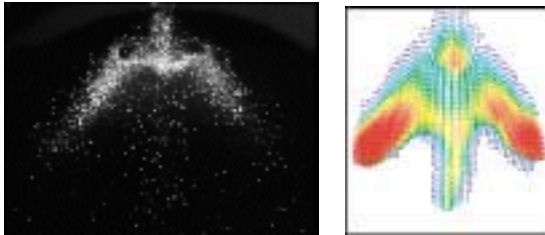


図12.(上):スワールインジェクタ噴射開始後  $t=4.2\text{ms}$  時の凍結画像。(下)汎用 PIV 処理を用いて得た概略の速度分布。

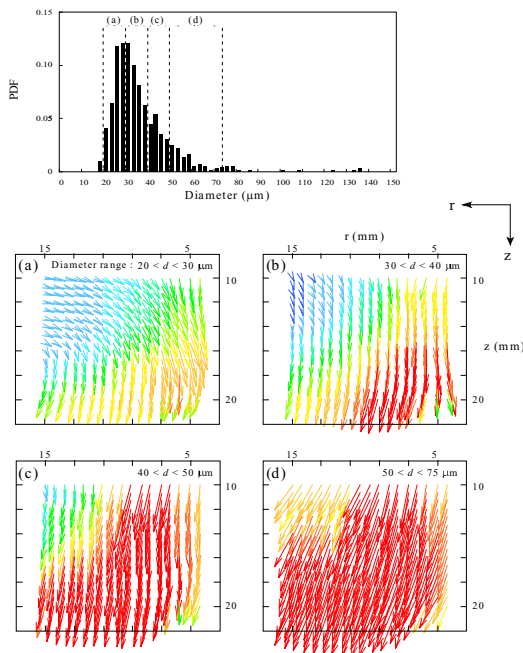


図13.噴射開始後 4.2ms において噴霧の局所領域 (10mm × 10mm) 内にて検出された粒子の粒径 PDF と、粒径別の空間平均速度ベクトル分布。

図12では噴射後約 4.2ms の噴霧をピントを合わせた状態で写真を取り、汎用の PIV で処理して速度を得たものである[20]。小さくてわかりにくい、おおむね放射状に、すなわちベクトルがで

ている。しかし、渦巻いている所はそう単純ではない。実写の写真の肩の眼鏡状になったところを狙って干渉法で速度ベクトルを観察する。図13に示すように、粒子径で弁別してマッピングをすると方向、速度共に有意な差がみえてくる。図14は同時刻の粒子径を横軸に、速度を縦軸にして相関を表したものである。このような複雑な流れは、やはり、見るまではなかなか大らかに議論できないものではなかろうか。

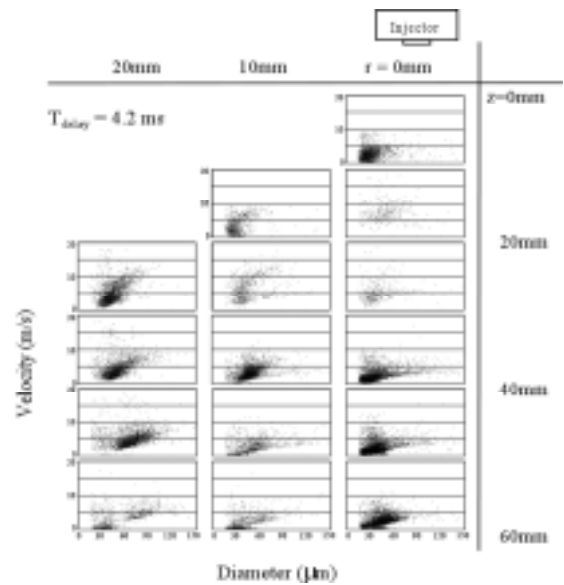


図14.噴射開始後 4.2ms 時の粒径 - 速度の相関とその空間分布。

ある一定の大きさの粒子群が流体に含まれていて、相対速度を持っているとき、その双方の速度を測定するのは重要なテーマである。LDVでも散乱強度法として使われた方法である。分布が連続的に変わっている場合は粒子径の弁別が難しかった。PIVに於いても同じ事であるが、流体の動きを捉えるトレーサ粒子と十分に大きさが違う大きい粒子を添加し、その影響を調べる場合は、散乱光強度の違いから画像の上で閾値を設けて弁別して夫々の速度を求める事ができる。この場合は画面から粒子の大きさを測る事は目的にしていな[21]。図15に示すように、流体用の小径のトレーサと、添加した大き目の粒子がはっきりと区別できるので散乱光の大きい部分を切り抜きその間をPIVを用いて流体の速度を、そして切り抜いた大きい粒子をPTV、またはPIVで求めスリップ速度

と乱流変化を求めることが可能である．図 16 は夫々の大きさの粒子の速度分布が示され，スリップ速度があることがわかる．しかし添加する粒子は其中で速度差が大きく出るのは望ましくないので径を揃えるのが望ましい．

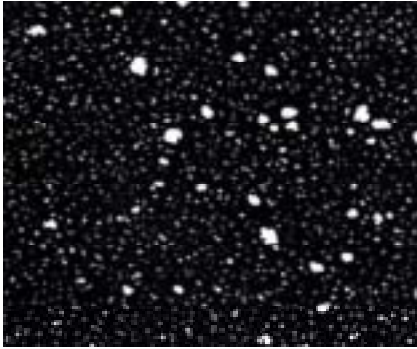


図 15 トレーサ粒子と添加した大きい粒子の瞬時画像

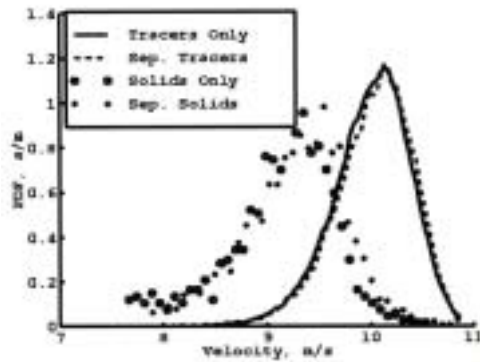


図 16 流体のためのトレーサの速度，大きい添加粒子の速度分布

### 5. 3D への展開

平面の情報には CCD カメラとコンピュータである程度得られる事にはなったが，懸案の 3D 測定はいかなるものか，との問い合わせがある．速度と濃度，速度と温度といった組み合わせで動画 CT を試みてはいるが，トレーサを多く入れるとまだきびしい．そのうちに次の 10 年と言う特集がでたら挑戦させていただこうとおもっている．少し紙面があるので，スターティングジェットを高精度な濃度同定が可能なレーザ吸光法と，物体内部の物理量分布が得られる CT 法(図 17)とを用いて 3 次元時系列濃度計測法を非定常噴流場に適用した例(図 18)を示す．少数の投影からでも反復計

算により再構成が可能な代数的手法(ART)を用いた[22]．

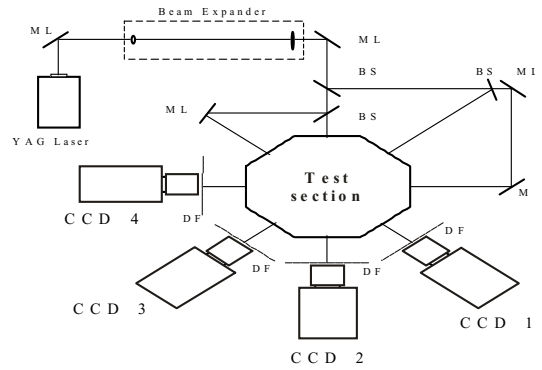


図 17 4CCD システムによる動画 CT，光吸収法

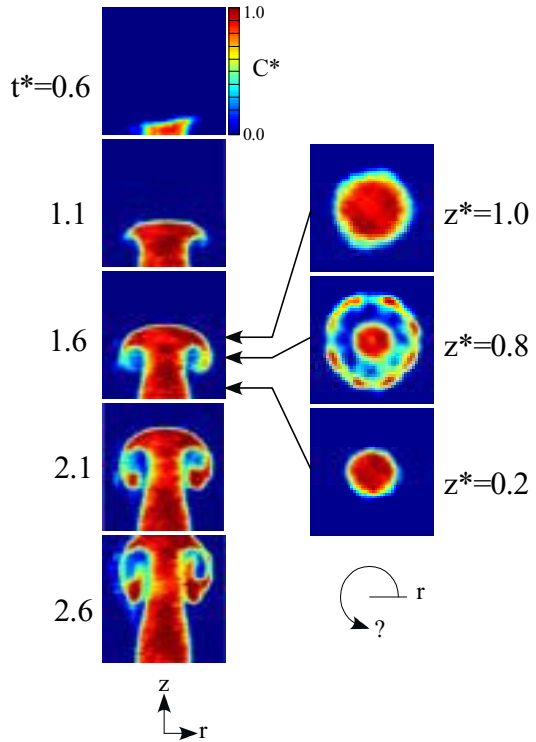


図 18 ノズルから蛍光発光染料の溶液を放出し，光の吸収減衰から濃度分布の立体像

時間を追っての CT 画像が得られているので後で縦割り，断面など濃度分布が測定できる．これに微小の粒子を薄く入れて速度場(或る断面)を重ねられるが，3D 立体同時測定は未完であり，多くの課題を残している．図 19 は同じスターティングジェットに時間を合わせて場の二次元速度を見せたものである．

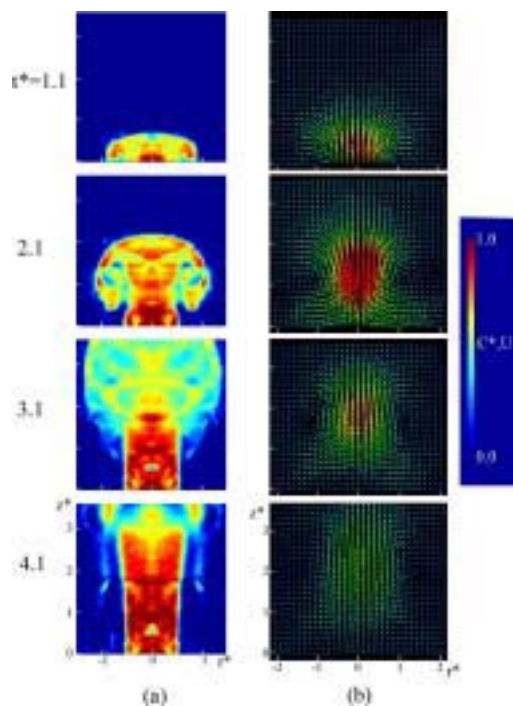


図 19 濃度分布とジェットの断面二次元速度分布

## 6. おわりに

1990年代 2002年に至るもエレクトロニクス、コンピュータを駆使した画像の10年だったように思う。勿論それらを活躍させるLIF温度、濃度の測定による空間分布、壁面に塗布する事になるが温度さらに圧力の測定があわせ技として登場する。気張って3Dと書いてしまったが、どうしたらデータを一目瞭然と判るように表現するのはどうしたらよいか、頭を抱える。グラフィックの世界も覗かないといけないなと思いながら有能の志がコミットしていただける日を待っている。まだ、先は長そうだというのが結論であろうか。

## 参考文献

- [1] Adrian, R.J., *Applied Optics*, **25-21**, pp.3855-3858,(1986)
- [2] 西野耕一, 笠木伸英, 平田賢, 佐田豊, 日本機械学会論文集(B), Vol.55, pp.404-412, (1989)
- [3] Willert, C.E. and Gharib, M., *Experiment in Fluids*, **10**, pp.181-193, (1991)
- [4] 榊原潤, 菱田公一, 前田昌信, 日本機械学会論文集(B), Vol.60, pp.1538-1545, (1994)
- [5] Westerweerd, J., and Nieuwstadt, F.M.T., *Laser Anemometry Advances and Applications*, Vol. **1** ASME, pp.349-355, (1991)
- [6] 中島健, 池田裕二, 宇都宮基恭, 日本機械学会論文集(B), Vol.58, pp.554-560, (1992)
- [7] 藤原, ほか4名, 機論B編, **64-622**, (1998) 1697-1704.
- [8] Santiago, J.G., et al., *Experiments in Fluids*, **25**, pp.316-319, (1998)
- [9] Meinhart, C.D., et al., *Experiments in Fluids*, **27**, pp.713-714, (1999)
- [10] Keane, R. D., ほか1名, *Meas. Sci. Technol.*, **23** (1995) 261.
- [11] Inaba, S., ほか3名, *4th International Symposium on Particle Image Velocimetry Göttingen*, Germany, (2001) CDROM.
- [12] König, G., ほか2名, *J. Aerosol Sci.*, **17**, 2 (1986) 157-167.
- [13] Hesselbacher, K.H., ほか2名, *Appl. Opt.*, **30-33** (1991) 4930-4935.
- [14] Glover, A.R., ほか2名, *Appl. Opt.*, **34-36** (1995) 8409-8421.
- [15] Skippon, S.M., Takagi, Y., *SAE*, **33**, (1996) 183-198.
- [16] Maeda, M., ほか2名, *Meas. Sci. Technol.*, **11** (2000) L13-L18.
- [17] T. Kawaguchi, ほか5名, *The Fifth International Symp. on Diag. and Modeling of Combustion in Internal Combustion Engines* (2001) CD-ROM.
- [18] 神谷吉範, 丹羽謙, 川口達也, 前田昌信, 菱田公一, 第37回日本伝熱シンポジウム講演論文集, Vol.2, pp.483-484, (2000)
- [19] 川口達也, 小林俊弘, 前田昌信, 日本機械学会論文集(B), Vol.68 (2002)
- [20] 川口達也, 赤坂幸広, 小林俊弘, 前田昌信, 日本機械学会論文集(B), Vol.68 (2002)
- [21] Khalitov, D.A. and Longmire, E.K., *Experiments in Fluids*, **32**, pp.252-268, (2002)
- [22] 川口達也, 菱田公一, 前田昌信, 第37回伝熱シンポジウム講演論文集, pp.935-936, (2000)

## ナノ・マイクロスケール伝熱学の変遷と今後の展望

*Past, Today and Future in Nano-Microscale Thermal Science and Engineering*

岡崎 健(東京工業大学)

*Ken OKAZAKI (Tokyo Institute of Technology)*

### 1. はじめに

ナノメートル・マイクロメートルスケールの超微細構造やナノ秒・マイクロ秒の超高速過渡現象を利用するナノテクノロジーは、LSI など半導体素子やマイクロマシン、新材料、各種センサーなど最先端科学技術におけるキーテクノロジーとして、バイオテクノロジーやエネルギー変換など他の最先端科学技術と連携しつつ目覚ましい発展を遂げようとしている。ここでは、基礎原理として、また、新技術開発や問題解決のためにも、エネルギーや物質の移動に関する伝熱学が重要な基盤となっているが、マクロスケールを対象としてきた従来の学理はもはや適用できず、時空間スケールでのマイクロ化に対応した新たなマイクロ伝熱学を確立する必要に迫られている。薄膜や極細線などの低次元(空間3次元の内、いくつかの次元が微細化により限定された状態)の物体では、界面の影響が大きいことによりバルク物質におけるマクロなエネルギーの輸送特性からかけ離れた現象が観察される。微細構造が誘起する様々な量子効果を積極的に利用した量子デバイスも、ナノ製造技術の進歩により実現可能な状況となっている。エネルギー変換技術へのナノテクノロジーからのアプローチは、燃料電池から分子モーターに到るまで様々な可能性を提示しており、今後の発展が最も期待されるものの1つである。また、CPUにおいては、今年中に実用段階に入る0.13  $\mu\text{m}$  プロセスからは、発熱の問題が高性能化にあたって最大の障害となることは確実である。ここでは、薄膜状の微細電子回路における熱エネルギーの輸送特性が重要な課題となる。

このように、熱流体技術がエネルギー授受・変換のみならず、半導体製造、新素材開発、レーザー技術、バイオ分野などにおいても急激な進歩を見せ、これらにかかわるマイクロ現象のより本質的理解、すなわち分子・原子レベルでの理解に対する必要性がますます増大している。日本伝熱学会ではこのような社会のニーズに先駆けて、小竹進東大教授(現名誉教

授)故土方邦夫東工大教授らの強力なリーダーシップのもと、ナノ・マイクロスケールでの熱・物質移動現象に関して基礎を中心として多くの研究がなされ、その集大成としてJSPSとNSFの援助のもとに過去3年ごとにマイクロ伝熱に関する日米セミナーが行われてきた(1993年:金沢,1996年:サンタバーバラ,1999年:仙台)。さらに、この2002年6月12日~13日にサンフランシスコでの開催が決定しており、集中的に日米間で議論すべきテーマの絞込みを関係者の協力の下に進めている。マイクロ伝熱=分子動力学、というわけでは必ずしもないが、この過程で、分子・原子レベルでの現象理解への分子動力学の普及に対して、小竹先生の著書「分子熱流体」[1]の果たした役割はきわめて大きい。

筆者は、マイクロ伝熱学の過去10年間の進展を記述できるほどのバックグラウンドも経験も知識も持ち合わせていないので、本稿では、*Thermal Science and Engineering*の特集号として発行された金沢[2]と仙台[3]での日米セミナーの内容と、今年の日米セミナーでの日本側の企画案をもとに、ナノ・マイクロスケールでの熱・物質移動に関するこれまでの研究の変遷と今後の展望をまとめることをご容赦いただきたい。社会の要請に対応した重点研究分野の流れの概要をご理解いただき、今後の研究の方向性を探る一助となれば幸いである。

### 2. ミクロ伝熱学の変遷

先述したように、半導体素子、マイクロマシン、新材料などナノ・マイクロスケールの工学的応用分野は広く、現在も目覚しく発展している。またナノ・マイクロスケールでの現象は、これまでのマクロスケールを対象としてきた学理が適用できないという点において、学術的にも新規性の高い分野となっている。分子論や量子論を導入した新世代の伝熱学は、日本の研究者が基礎的研究のイニシアティブをとり世界をリードしてきた。一方、米国の研究者は、基礎面では日本にやや遅れをとったものの、MEMS

（Micro Electro Mechanical System）やセンサなどの技術とも結びついて、優れた応用研究を急激に進歩させてきている。

このような基礎において優れた日本，応用において優れた米国という様相は 1993 年の金沢での日米セミナーにおいてもすでに表れている。表-1, 2 は当時のセミナー内容を，応用，基礎に分けてカテゴリー別にまとめたものである。応用面（表-1）から見ると，やはりマイクロスケールの研究において，半導体デバイス，LSI 関連に関する研究が多く見受けられる。これは集積回路のマイクロ化の背景を考えれば分かりやすく，また，伝熱学の分野としては，マ

イクロスケールでの温度計測や計算技術などに多くの優れた研究が見られる。特に温度計測の分野では社会的なニーズを背景に，STIM を用いたマイクロスケールでの温度計測が行われるなど，非常にインパクトの強い研究が精力的に行われている。このように LSI 関連の研究が趨勢を見る一方で，工学の中でも非常に重要な地位を占めるエネルギー工学においては，電子温度は数万度であるのに対し，分子温度は常温という高い非平衡状態を有する非平衡プラズマを実現し，エネルギー変換，環境技術，さらには材料創成まで幅広い応用分野がこの時点で既に開拓されている。しかしデバイス系の応用に関する研

表-1 1993 年日米セミナー（金沢）での発表テーマ（応用分野）

応用分野	研究内容
半導体デバイス	<ul style="list-style-type: none"> <li>STIM によるマイクロスケールでの MESFET の温度分布計測</li> <li>集積回路内における熱伝導に関する理論及び実験的研究</li> <li>LSI 内温度分布に関する高速計算</li> <li>半導体デバイス量子構造</li> <li>サブマイクロスケールでの熱伝導過程</li> </ul>
MEMS	<ul style="list-style-type: none"> <li>気液相変化を利用したデバイス冷却</li> <li>微小構造体における気泡生成</li> </ul>
計測	<ul style="list-style-type: none"> <li>点接触型プローブを用いた局所温度計測</li> <li>STIM 装置によるマイクロスケールでの局所温度計測</li> </ul>
エネルギー変換	<ul style="list-style-type: none"> <li>非平衡プラズマを用いたメタノール直接合成</li> </ul>
材料	<ul style="list-style-type: none"> <li>非平衡プラズマを用いたダイヤモンド合成</li> <li>YAG レーザー照射による金属薄膜の結晶構造制御</li> </ul>
バイオ	<ul style="list-style-type: none"> <li>生体凍結と，細胞内氷生成・成長の観察</li> </ul>

表-2 1993 年日米セミナー（金沢）での発表テーマ（基礎分野）

基礎分野	研究内容
マイクロ伝熱理論	<ul style="list-style-type: none"> <li>ナノ・マイクロスケールでの現象に対する分子論・量子論の展開</li> <li>ジュール・トムソン効果の分子動力学解析</li> </ul>
気・液界面現象	<ul style="list-style-type: none"> <li>凝縮係数の測定と凝縮のダイナミクスに関する研究</li> <li>凝縮係数の見積もり</li> <li>分子動力学解析による液面への分子衝突の挙動と分子構造の影響の検討</li> <li>金属蒸気の凝縮</li> </ul>
気・固界面現象	<ul style="list-style-type: none"> <li>分子衝突のエネルギー伝達に関する分子動力学解析</li> <li>分子衝突のエネルギー伝達に関する実験的研究</li> <li>マイクロスケールでの表面構造の及ぼす表面散乱への影響</li> </ul>
固・固界面現象	<ul style="list-style-type: none"> <li>点接触界面での熱・電子輸送現象</li> </ul>
固体内輸送現象	<ul style="list-style-type: none"> <li>半導体内での電子輸送理論</li> <li>双曲型熱伝導方程式</li> </ul>
熱放射	<ul style="list-style-type: none"> <li>マイクロ構造体からの熱放射理論</li> <li>輻射過熱による溶融挙動</li> </ul>
超臨界	<ul style="list-style-type: none"> <li>臨界付近での水の構造に関する分子動力学解析</li> </ul>
クラスター	<ul style="list-style-type: none"> <li>水クラスター界面における構造・運動に関する分子動力学解析</li> <li>2 原子分子のクラスター生成</li> </ul>

究に比して、それ以外の研究分野における報告例が当時は少ないことも否めない。一方、基礎学理的な面からの分類(表-2)に着目すると、第一に界面現象に関する研究が多数報告されている状況がわかる。これは、分子・原子レベルで基礎現象の本質的理解への知的欲求に加えて、デバイス製造プロセスや触媒反応などでナノスケールでの現象が支配する技術が益々重要となった社会的背景によるものと考えられる。もう1つ注目すべき点は、理論面において分子動力学法が適用された研究が数多く発表されている点である。分子動力学法はマクロな熱・物質輸送現象を分子構造に遡って解析することが可能な解析手法であり、正しく適用すればその有用性は計り知れない。実際に日本における初期の研究では、薄膜内における熱伝導がバルクのものとは異なるという工学的にも学理的にも重要な問題が現れたために分子動力学法の適用が隆盛を見た。しかしこの段階にお

いては解析から得られる情報の何処に学理的・工学的意味を見出すのかが、最も重大な問題として残されていた。この問題に関し、分子動力学が分子・原子の集合体としてのマクロな挙動の正しい記述につながるのか、そうならないのはどのような場合で何故なのか、という命題に対する興味深い論文が今月号のTSEに掲載されているので、ご関心のある方は参照されたい。[4]

その後、1996年のサンタバーバラでの日米セミナーを経て、1999年に仙台にて日米セミナーが行われた。表-3, 4はその様相を同様にまとめたものである。1999年の内容を1993年の内容と比較して見ると、最初に気付くのは、日本伝統のミクロ伝熱の基礎的研究も精力的に行われている一方で、応用を意識した研究が多くなっている点である。そしてそれらの応用研究の多くは、レーザー加工やCVDなど、デバイス加工技術のミクロ化と高速化を目指した研

表-3 1999年日米セミナー(仙台)での発表テーマ(応用分野)

応用分野	研究内容
加工技術	<ul style="list-style-type: none"> <li>超高速レーザー加工のためのレーザー照射法の提案</li> <li>エキシマレーザーによるポリエチレンのアブレーション機構</li> </ul>
MEMS	<ul style="list-style-type: none"> <li>ナノスケール構造体表面による疎水、流体制御</li> <li>直流電圧負荷によるマイクロスケールの気泡の運動制御(気泡モーター)</li> </ul>
材料	<ul style="list-style-type: none"> <li>ビスマス・テルルの成膜と熱電特性の評価</li> <li>CVD法による高性能SiO<sub>2</sub>膜の成膜</li> <li>水クラスター界面における構造・運動に関する分子動力学解析</li> </ul>
計測	<ul style="list-style-type: none"> <li>サーマルフィードバック法を用いたAFMによるマイクロスケール温度場計測</li> <li>MRIを用いた多孔質内の温度・速度場計測</li> <li>マイクロスケールでの表面構造の及ぼす表面散乱への影響</li> <li>フェムト秒レーザーによる温度計測</li> <li>ポリスチレンのナノ秒IRレーザー加熱における温度計測</li> </ul>
エネルギー変換	<ul style="list-style-type: none"> <li>高度非平衡プラズマを利用したメタン・水からのメタノール直接合成</li> </ul>

表-4 1999年日米セミナー(仙台)での発表テーマ(基礎分野)

基礎分野	研究内容
ミクロ伝熱理論	<ul style="list-style-type: none"> <li>連続体熱流体力学の分子動力学的描像</li> <li>分子レベルでのエネルギー・運動量輸送機構とその記述</li> </ul>
液相内現象	<ul style="list-style-type: none"> <li>液体水内における分子レベルでのエネルギー・運動量輸送機構とその記述</li> <li>分子レベルでの拡散機構</li> </ul>
気相内現象	<ul style="list-style-type: none"> <li>2成分混合ガスの自由噴流膨張</li> </ul>
気・固界面現象	<ul style="list-style-type: none"> <li>ナノスケール細孔表面への2原子分子散乱に関する量子論的描像</li> </ul>
固・固界面現象	<ul style="list-style-type: none"> <li>SMAMM法による接触熱抵抗の取り扱い</li> </ul>
固体内輸送現象	<ul style="list-style-type: none"> <li>超格子構造内熱伝導現象とフォノン</li> </ul>
光・物質相互作用	<ul style="list-style-type: none"> <li>光と物質の相互作用に関する量子分子動力学的取り扱い</li> </ul>
クラスター	<ul style="list-style-type: none"> <li>FT-ICRによるシリコンクラスターの化学動力学</li> <li>過飽和蒸気内におけるクラスター生成プロセスの分子動力学的解析</li> </ul>

究である。基礎理論においては、未だ手探りのような研究が多かった1993年と比較すると、分子レベルでの熱輸送と分子構造との関係、光と固体表面との相互作用など、マイクロ伝熱の研究者としてプライオリティを有して行うことのできる重要な研究テーマが絞られてきているように思われる。それは計算機の進歩と共に、単純なLJ相互作用の粒子から、より多くの相互作用を有した粒子を取り込んだ大規模な計算（水分子、量子分子動力学など）が実現可能となり、実際の物質により近い計算系で解析可能となったことも背景にあるのであろう。研究というものは世の中のニーズの先を読み取り、社会的にも学理的にも重要なテーマ設定を行うべきであり、1993年から1999年の間に、応用まで見通した洗練された研究テーマが増えたことは、マイクロ伝熱学の分野における大いなる進歩であると考えられる。しかし依然として分子動力学法で設定する計算系と実際の現象との間には大きなギャップが存在し、算出された結果の学理的意味と工学的有用性に関する評価の方法には多くの問題が残されている。また、エネルギー工学（輸送、変換）分野に対するナノ・マイクロスケール伝熱学の直接的寄与は依然として少ない。

3. ナノ・マイクロスケール伝熱学の進展

1999年から3年ではあるが、社会の変化は目まぐるしい。マイクロ技術の代表とも言えるデバイス技術

はいよいよ0.13 μmプロセスが実用段階に入り、マイクロからナノスケールへとさらなるミクロ化が進む。また微細加工技術の進展と共に様々な用途のMEMSが提案されている。さらにこれまでナノ・マイクロスケールの技術とは連携の少なかったエネルギー工学の分野においても、最近5年で目覚ましい進歩を遂げた燃料電池技術を筆頭に革命的な変化が起きようとしている。燃料電池の中でも特に固体高分子形燃料電池は自動車用として注目を集めているが、その素材のスケールは早い段階からナノ・マイクロスケールの技術と密接に関わっている。電解質である高分子は今や20 μm程度の厚さとなり、触媒に到っては数nm程度というクラスターのスケールまで微粒化が進められている。材料の微細化だけではなく、システム全体のミクロ化も進み、マイクロ燃料電池が実用段階に入っている。さらにはカーボンナノチューブやカーボンナノホーンなど特異的な性質を利用した水素吸蔵技術や電極技術など、ナノ・マイクロスケール技術とエネルギー工学の連携はようやく1つの分野を作りつつある。

このような急速に進む機器のミクロ化に対応し、ナノ・マイクロスケール伝熱学は体系を整えつつさらに進展しようとしている。表-5はこのような背景をふまえて集約された2002年度日米セミナーでの日本側提案の討論テーマの枠組みである。応用面では、ナノスケール新材料の特異的な熱物性や、微細

表-5 2002年度日米セミナー（サンフランシスコ）でのテーマの枠組み（日本案）

ナノ・マイクロスケールでの熱物性	<ul style="list-style-type: none"> <li>カーボンナノチューブの熱伝導特性</li> <li>ナノ・マイクロスケールでの輸送現象の計測</li> <li>MEMS用材料の熱物性</li> </ul>
ナノスケール熱工学における量子効果へのアプローチ	<ul style="list-style-type: none"> <li>化学反応を含んだ界面現象のモデリング</li> <li>光・物質相互作用のモデリング</li> <li>シミュレーションによる熱物性の予測</li> </ul>
マイクロ・ナノスケールでの熱伝導（フォノンと分子論の統合）	<ul style="list-style-type: none"> <li>複雑な固体内における熱伝導に対するフォノンの取り扱い</li> <li>格子振動解析における分子動力学法の有用性</li> <li>熱工学的ナノ・マイクロデバイスの未来</li> </ul>
分子動力学法の可能性と限界	<ul style="list-style-type: none"> <li>分子動力学法の実用的限界</li> <li>DSMC, MCとの連携</li> <li>気液、液固界面における相変化と接触熱抵抗</li> <li>3相界面および液固界面現象の表現</li> <li>均一・不均一核生成の解析</li> <li>輸送現象および自由エネルギーにより誘起される拡散現象</li> </ul>
MEMSにおける熱流体現象（信頼性の向上と新機能の提案）	<ul style="list-style-type: none"> <li>ナノ・マイクロスケールでの熱的条件により決定されるMEMSの信頼性</li> <li>MEMS内における固固、液固界面現象</li> <li>マイクロ流体および生化学センサーへのMEMSの応用</li> </ul>



加工技術が進む MEMS, 燃料電池など工学的に重要な地位を占めるホットな話題が盛り込まれる一方で, 基礎研究の面において, ナノ・マイクロスケールでの熱物性計測および理論的予測, 量子効果をどう取り込むか, フォノンと分子動力学をどう結びつけるか, 分子動力学で何がどこまで分るのか, など日本が得意とする分野について, 応用が先行する米国の一線の研究者達と, 明確なテーマ設定のもとに建設的な相互討論と情報交換を行うことを企図している. 特に, ミクロ伝熱の世界で伝統的に使用されてきた分子動力学法は, 抽象的な計算系における熱・物質輸送問題から, 具体的な物質の物性を理論化する手法へと進展し, それに併せて, 界面での相変化, 化学反応や光と物質との相互作用という複雑な相互作用の系を解析する手段としての展開を見せようとしている.

#### 4. むすび

今後, 世界的な潮流の中で, 広範な分野にわたってナノテクノロジーがより一層の脚光を浴び, 応用面で活発な研究が進展するであろうが, その更なる発展のために, これに対応したナノ・マイクロスケールでの本質的な現象の理解とその基礎学理の構築への要求が, 学術的側面からのみならず応用サイドからの強いニーズとして突きつけられている. 我が国のミクロ伝熱学はそのような基礎研究を世に先駆けて行ってきており, 実績も有している. 創始された先人の先見の明に敬意を表するとともに, 今後, 基礎と応用の融合を含めて, より一層の発展を期待したい.

#### 参考文献

- [1] 小竹進, 分子熱流体, 丸善 (1990)
- [2] *Therm. Sci. & Eng.*, 2-1 (1994)
- [3] *Therm. Sci. & Eng.*, 7-6 (1999)
- [4] S. Kotake, *Therm. Sci. & Eng.*, 10-2 (2002)

九州支部活動報告  
Report of Kyushu Branch

石田 賢治 (佐賀大学)  
Kenji ISHIDA (Saga University)

平成 13 年度第 2 回九州支部講演会

<講演会>

日 時：平成 14 年 2 月 1 日 (金) 13:30-17:00  
場 所：佐賀大学 菱の実会館 1 階 多目的室

<懇親会>

日 時：同日 17:20-19:00  
場 所：佐賀大学 かささぎホール

<講演概要>

「インドにおける海洋温度差発電の開発状況について」

池上 康之 (佐賀大学工学部附属海洋温度差エネルギー実験施設)

本講演では、海洋温度差発電の原理と関連技術の開発状況について説明した。さらに、インド国立海洋技術研究所(NIOT)と佐賀大学との共同プロジェクトとして進行中の 1MW 海洋温度差発電システムの実証試験プロジェクトの概要と進展状況について、現地でのビデオ映像等もまじえて報告した。本プロジェクトでは、第 1 段階としてインド南東部の沖合 35km にランキンサイクルを用いた洋上式の 1MW 海洋温度差発電実証プラントの建設が完了し、まもなく実証試験が開始される予定である。

「Development of Dual-Mode Regenerative Adsorption Heat Pump System」

Bidyut Baran Saha (九州大学機能物質科学研究所)

本講演では、低温の排熱等の有効利用のために効果的であるデュアルモード、3 ステージ、6 吸着器タイプの新しい吸着式冷凍機の概要を性能評価の観点から述べた。本冷凍機は、高効率の従来型冷凍機としての動作及び改良型 3 ステージ吸着式冷凍機としての動作の 2 つの動作モードを持つ。前者のモードでは 65 から 90 の駆動熱源が必要であり、3 つの吸着器を直列に冷却するシンプルな制御法と、第 1 と第 2 の吸着器は直列に冷却し第 3 の吸着器と最も高

温の吸着器を凝縮器からの冷却剤で並列に冷却するという複雑だが高速・高出力動作を可能とする制御の 2 つの制御方法を選べる。後者のマルチステージ吸着式冷凍機としての動作モードでは、動作効率は低くなるものの、40 から 65 程度のかかなり低温の熱源を駆動熱源として利用することができる。様々な熱源温度及び温度変動に対して動作を最適化するために従来型の動作モードとマルチステージモードを自動で切り替えるようになっており、従来型のシリカゲル/水系吸着式冷凍機より高効率な動作が可能である。

「Characteristic of Wetting Velocity during Quenching High Temperature Surface with an Impinging Jet.」  
Jaffar Abdulla Hammad (佐賀大学大学院工学系研究科後期博士課程)

本講演では、大気圧下で金属の高温面が水の衝突噴流によって急冷される際の噴流の濡れ拡がり速度と冷却特性の関係を調べた研究について報告した。温度伝導率の異なる銅、黄銅、炭素鋼の三種類の金属面を用いて比較した。冷却過程で円形の高温加熱面上を濡れ面が広がっていく現象を高速ビデオカメラにより記録して解析し、噴流の濡れ拡がり速度を求めた。同心円状であった wetting front の位置は時刻に関する指数関数の形で整理でき、濡れ拡がり速度は時間経過とともに低下した。濡れ拡がり速度は、噴流速度または過冷度の上昇に伴って上昇し、初期加熱面温度の上昇に伴って低下した。二次元熱伝導逆問題解を用いて、加熱面温度及び加熱面での熱流束を推定することができた。

「含水多孔質体の乾燥機構に関する研究」

谷川 洋文 (九州工業大学工学部機械知能工学科)

本研究では、含水多孔質体内の乾燥過程における水分拡散のイメージング法として、格子ガスオートマトン法による数値解析法と、透過光を利用した可視化実験法を提案し検討を行った。その結果、本解

析法では、多孔質体内部での気泡の生成と表面蒸発現象が再現でき、得られた乾燥特性曲線が実際の乾燥過程を説明できること、また可視化実験では、得られた画像データをもとに、含水率と画像解析値をキャリブレーションすれば、乾燥過程における含水率分布の非定常変化をイメージすることが可能であることが明らかになった。

「リチウム電池の開発と将来展望」

芳尾 真幸（佐賀大学理工学部機能物質化学科）

本講演では、10年前から市場に出現した、リチウムイオン電池について紹介した。その必然性について情報化社会からの要請に基づいており、従来のニカド電池と対比して、説明した。電池研究という市場性に合致する事を目的とするため、必然的に企業との共同研究が多く、その成功例についても紹介した。

さらにこの分野の研究は、ハイブリッド電気自動車用などの大型電池開発に向かっており、最近の研究を、主として佐賀大での開発を中心に述べた。

行事カレンダー

行事カレンダー

本会主催行事

開催日	行事名(開催地,開催国)	申込締切	原稿締切	問合せ先	掲載号
2002年					
6月 5日(水) ~ 7日(金)	第39回日本伝熱シンポジウム (北海道厚生年金会館、札幌市)	'02.1/18 (講演申込) '02.4/12 (参加事前 申込)	'02.3/15	第39回日本伝熱シンポジウム実行委員会 北海道大学大学院工学研究科機械科学専攻内 Fax:011-706-7889 E-mail:htsymp39@mech-me.eng.hokudai. ac.jp	'01.11
2003年					
5月 28日(水) ~ 30日(金)	第40回日本伝熱シンポジウム (広島国際会議場、広島市)	未定	未定		

本会共催,協賛行事

開催日	行事名(開催地,開催国)	申込締切	原稿締切	問合せ先	掲載号
2002年					
4月 16日(火) ~ 18日(木)	第36回空気調和・冷凍連合講演会 (東京商船大学 越中島会館)	'01.1/23	'01. 11/20	〒169-0074 東京都新宿区北新宿港区 1-8-1 中島ビル 3階 社団法人空気調 和・衛生工学会 第36回空気調和・冷 凍連合講演会係 Tel:03-3363-8261, Fax:03-3363-8266	
4月 17日(水) ~ 19日(金)	第2回'02熱設計・対策技術シンポジウム (日本コンベンションセンター 国際会議場、 幕張メッセ)			〒105-8522 東京都港区芝公園 3-1-22 社団法人日本能率協会技術・産業育成 事業部 熱設計・対策技術シンポジウム事務 局 佐藤敦、加藤久幸 Tel:03-3434-3917, Fax:03-3434-3593	
5月 20日(月) ~ 22日(水)	第7回 日本計算工学会講演会 (法政大学ポアソナードタワー(東京,市ヶ谷))	アブストラクト '02.1/31	'02.4/15	〒102-8646 東京都千代田区平河町 2-7-4 砂 防会館別館 日本計算工学会 事務局 Tel:03-3263-6014, Fax:03-3263-7537E-mail:jsces@ics-inc.c o.jphttp://wwwsoc.nii.ac.jp/jsces/	
6月 7日(金)	02-2 ポリマーフロンティア 21 (東京工業大学百年記念館フェライト会議室)			高分子学会 02-2 ポリマーフロンティア 21 係 Fax:03-5540-3737	
7月 22日(月) ~ 24日(水)	第30回可視化情報シンポジウム (工学院大学 新宿校舎)	'02.3/1	'02.5/10	(社)可視化情報学会 Tel:03-5993-5020, Fax:03-5993-5026 E-mail: info@vsj.or.jp http://www.vsj.or.jp/symp2002	
7月 23日(火) ~ 25日(木)	日本流体力学会 年会 2001 (主テーマ: 21世紀の流体力学) (仙台国際センター)	'02.3/29	'01.6/7	日本流体力学会年会 2002 運営委員会 〒980-8577 仙台市青葉区片平 2-1-1 東北大学流体科学研究所衝撃波研究セ ンター内 Tel/Fax:022-217-5285/5284 E-mail:ryu2002@ifs.tohoku.ac.jp http://nenkai02.fluid.mech.tohoku. ac.jp/	
7月 29日(月) ~ 31日(水)	混相流シンポジウム 2002 (名古屋大学)	'02.3/29	'02.5/31	〒464-8603 名古屋市千種区不老町名 古屋大学工学研究科分子科学工学専攻 坂東 芳行 Tel:052-789-3622, Fax:052-789-3272E-mail:bando@nuce. Nagoya-u.ac.jp	
8月 26日(月) ~ 29日(木)	第10回流れの可視化国際シンポジウム 10 <sup>th</sup> International symposium on Flow Visualization (ISFV10) (京都国際会議場)	'02.1/31	'01.5/31	ISFV10 事務局・論文委員会委員長 川橋正昭(埼玉大学) RAN2001 事務局(総務担当古畑朋彦) Tel:048-858-3443, Fax: 048-858-3711 E-mail:mkawa@mech.saitama-u.ac.jp	
11月 7日(木) ~ 8日(金)	(社)日本機械学会 2002年度熱工学講演会 (琉球大学)	'02.6/14	'02.8/16	沖縄県西原町千原 1 琉球大学工学部機 械システム工学科 長田孝志 Tel:098-895-8612, Fax:098-895-8636http://www.jsme.or .jp/ed/	

行事カレンダー

11月	21日(水) ~ 23日(金)	第40回燃焼シンポジウム (グランキューブ大阪 大阪国際会議場)	'02.7/19	'02.9/24	第40回燃焼シンポジウム事務局大阪 市立大学大学院工学研究科エネルギー 機械工学分野内 Tel:072-254-9225,Fax: 072-254-9225E-mail:sympo40@bosei.c ombustionsociety.jp
2003年					
11月	2日(日) ~ 7日(金)	International Gas Turbine Congress 2003 TOKYO 8th Congress in Japan (江戸川総合区民ホール)	'01.5/31	'02.2/1	The Gas Turbine Society of Japan 7-5-13-402Nishi-Shinjuku, Shinjuku-ku, Tokyo 160-0023, Japan Fax:+81-3-3365-0387 E-mail:igtconal.go.jp
11月	9日(日) ~ 13日(木)	International Conference on Power Engineering-03, Kobe 2003年 動力エネルギー国際会議神戸大会 (神戸国際会議場)	'02.3	'03.3	東京都新宿区信濃町 35 信濃町煉瓦館 (社)日本機械学会総合企画グループ 高橋正彦 Tel:03-5360-3505
12月	1日(月) ~ 3日(水)	マイクロエンジニアリングに関する国際シンポ ジウム - 熱流体・信頼性・メカトロニクス - (日立製作所機会研究所、土浦市、産業技術総 合研究所、つくば市)	'02.3 Abstract	'02.8 Full Paper	東京都新宿区信濃町 35 信濃町煉瓦館 (社)日本機械学会総合企画グループ 高橋正彦 Tel:03-5360-3505

国際会議案内

開催日	行事名(開催国,開催地)	申込締切	原稿締切	問合せ先	掲載号
2002年					
4月	8日(月) ~ 10日(水)	1 <sup>st</sup> International Conference on Heat Transfer, Fluid Mechanics and Thermodynamics (南アフリカ, Kruger National Park)	'01.4/1	'01.6/30	<a href="http://www.walthers.co.za/conference/hefat">http://www.walthers.co.za/conference/hefat</a>
4月	22日(月) ~ 24日(水)	HEAT TRANSFER 2002 7th International Conference on Advanced Computational Methods in Heat Transfer (Greece, Halkidiki)	Submit Abstract as soon as possible	'01.12/	Rachel Green, Conference Secretariat, Heat Transfer 2002 Wessex Institute of Technology, Ashurst Lodge, Ashurst, Southampton, SO40 7AA Tel: 44 (0) 238 029 3223 Fax: 44 (0) 238 029 2853 Email: <a href="mailto:rgreen@wessex.ac.uk">rgreen@wessex.ac.uk</a>
7月	14日(日) ~ 18日(木)	The 13 <sup>th</sup> International Symposium on Transport Phenomena(ISTP-13) (カナダ, Convention Center, Victoria, BC)	'01.11/1 (Abstract)	'02.3/1	Dr.Sadic Dost, ISTP13, Dept. of Mech. Eng., Univ. of Victoria, BC, Canada, V8W 3P6 <a href="http://www.istp13.uvic.ca">http://www.istp13.uvic.ca</a>
8月	18日(日) ~ 23日(金)	第12回 国際伝熱会議 (フランス, グルノーブル)	'01.5/31	'02.10	東京大学大学院工学系研究科 機械工学専攻 庄司正弘 Tel & Fax:03-5800-6987 E-mail:shoji@photon.t.u-tokyo.ac.jp <a href="http://www.ihtc12.ensma.fr/">http://www.ihtc12.ensma.fr/</a>

## 第 39 回日本伝熱シンポジウム

<http://htsymp-me.eng.hokudai.ac.jp>

### 【開催日】

平成 14 年 6 月 5 日(水)~7 日(金)

### 【講演会場】

北海道厚生年金会館(〒060-0001 札幌市中央区北 1 条西 12 丁目, TEL:(011)231-9551)

### 【シンポジウム参加費】(論文集代は含みません)

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】

1)シンポジウム参加者:事前参加申込者全員に CD-ROM 論文集を事前送付し,かつ会場受付で印刷論文集を配布します.

会場申込者には受付で CD-ROM と印刷論文集の両方を配布します.

日本伝熱学会会員:無料

非会員:8,000 円

会場受付で会員登録も可能です.

2)シンポジウム不参加者:原則として印刷論文集の配布は行いません.

日本伝熱学会会員:CD-ROM 論文集のみを郵送します.

### 【懇親会】

日時:6 月 6 日(木)18:00~20:00

会場:北海道厚生年金会館 瑞雪の間

会費:

一般 事前申込:8,000 円,会場申込:10,000 円  
(事前,会場申込共に夫婦同伴者 1 名無料)

学生 事前申込:4,000 円,会場申込:5,000 円

### 【参加申込方法】

学会誌「伝熱」(2001 年 11 月号,2002 年 1 月号)もしくはホームページをご覧ください.

(事前申込締切:2002 年 4 月 12 日(金))

### 【発表の形式】

セッションの運営は座長に一任しますが,発表時間は 1 題目につき 10 分です.なお,実行委員会が用意できる発表機器は OHP のみですのでご了承ください.その他の機器が必要な場合は発表者でご準備下さい.

### 【総会】

日時:6 月 6 日(木) 15:30~16:30

会場:A 室

### 【特別講演】

日時:6 月 6 日(木) 16:40~17:30

会場:黎明の間(D 室+E 室)

題目:Microscale Effects in Liquid-Vapor Phase Change Processes

講師:Prof. Van P. Carey (UC, Berkeley)

### 【フロンティアフォーラムセッション】

テーマ 1:相変化を伴う伝熱現象におけるぬれ性の諸問題

企画者:鈴木康一(東理大),永井二郎(福井大),高田保之(九大),大田治彦(九大)

日時:6 月 6 日(木) 9:30~15:15

会場:I 室

テーマ 2:エネルギーネットワーク - 分散発電・分散エネルギーシステムへの潮流

企画者:笠木伸英(東大),吉田英生(京大)

日時:6 月 7 日(金) 9:00~12:30

会場:B 室

### 【フロンティアフォーラム準備セッション】

テーマ:二相流の分岐・相分離の諸問題

企画者:勝田正文(早大)

日時:6 月 7 日(金) 13:30~14:30

会場:B 室

### 【付随行事】

・伝熱学会 40 周年記念セミナー

日時:平成 14 年 6 月 4 日 14:00-17:00

会場:A 室

内容:挨拶 藤田会長

40 周年記念セミナー 2 件(司会:森田副会長)

1.ナノテクノロジーと伝熱 矢部 彰氏(産総研)

2.燃料電池:エネルギーと環境の調和の視点から 菱沼孝夫氏(北大)

・ウェルカムパーティ

日時:平成 14 年 6 月 4 日 18:00-19:40

会場:札幌ビール園

内容:生ビール飲み放題、生ラムジンギスカン食べ放題(100 分)

参加費:一般 3,500 円,学生 2,000 円(事前申込み,厚生年金会館から貸切バスで移動)

### 【宿泊・航空便】

本シンポジウムはサッカーのワールドカップと開催時期が重なります.札幌においても試合が行われるため,航空便や宿泊施設の確保がタイトになっています.是非早めに予約下さい。「伝熱」(2002 年 1 月号),もしくはホームページをご覧くださいの上お申し込み下さい.

### 【問い合わせ先】

第 39 回日本伝熱シンポジウム実行委員会

E-mail: [htsymp39@mech-me.eng.hokudai.ac.jp](mailto:htsymp39@mech-me.eng.hokudai.ac.jp)

幹事 黒田明慈(TEL.011-706-6377)

## &lt;&lt;プログラム&gt;&gt;

第 1 日 6 月 5 日(水)

## &lt; A 室 &gt;

- A11 9:30-10:50 直接接触熱伝達
- A111 水平管内凝縮管における環状流熱伝達に及ぼす擾乱波の影響  
\*近藤 昌也(原研), 中村 秀夫, 安濃田 良成, 菅野 実(原電), 山本 一彦, 島田 ルミ, 坂下 彰浩(東電)
- A112 蒸気爆発における自発核生成と微細混合構造  
\*古谷 正裕(電中研), 木下 泉
- A113 接触界面温度が融点より低い熔融金属ジェットの内トリウム中での破砕挙動  
\*西村 聡(電中研), 木下 泉, 杉山 憲一郎(北大院), 木村 伊市(北大院学)
- A114 低圧下における蒸気の直接接触凝縮に関する実験と解析  
\*高瀬 和之(原研), 小瀬 裕男(大和システムエンジニア), 功刀 資彰(京大院)
- A12 11:00-12:20 剥離流れ・噴流 1
- A121 ステレオPIVによる軸対称噴流の3次元渦構造の可視化  
\*松田 匡(筑波大学院), 榊原 潤(筑波大 機能工学系)
- A122 非等温噴流のラージ・エディ・シミュレーション  
\*須藤 仁(新潟大学院学), 松原 幸治(新潟大), 小林 睦夫, 金子 嘉昭(新潟大学院学)
- A123 対称急拡大流路内の剥離・再付着乱流熱伝達  
太田 照和(東北大), \*岡川 洋平(本田技研), 吉川 浩行(東北大)
- A124 急拡大流路内非定常剥離・再付着流れにおける熱伝達の数値シミュレーション  
吉川 浩行(東北大), \*吉川 誠(東北大院学), 太田 照和(東北大)
- A13 13:20-14:40 剥離流れ・噴流 2
- A131 傾斜内壁を有するシャープターン流路内乱流の流動・伝熱特性  
\*中山 浩(名大院), 廣田 真史, 奥田 琢也(名大院学), 小野 靖洋, 藤田 秀臣(名城大)
- A132 レイノルズ数120~30000における円柱はく離領域の熱伝達特性  
\*中村 元(防衛大), 五十嵐 保
- A133 環状ノズル出口部に形成される再循環流の構造  
\*大西 崇之(関大院学), 松本 亮介(関大), 石原 勲(関大院), 小澤 守(関大)
- A134 励起による群噴流の混合拡散特性の変化  
\*山本 和之(慶大学院学), 秋山 貴弘(慶大院), 菱田 公一
- A14 14:50-16:10 剥離流れ・噴流 3
- A141 衝突噴流熱伝達に及ぼすオリフィス形状の影響  
\*稲熊 義昭(岐大学院学), 檜和田 宗彦(岐大), 三松

順治, 広瀬 信之(本田技研), 親川 兼勇(琉大工), 田中 光三(岐阜高専)

- A142 ノズル構造による噴流熱伝達率の向上  
\*芹澤 良洋(新日鉄), 林 順一, 若林 久幹, 大串 圭二, 川村 浩久
- A143 平行流路に置かれた二次元角柱の圧力損失  
\*五十嵐 保(防衛大), 森田 健(防衛大研究科学)
- A144 平行流路に置かれた二次元角柱の熱伝達  
五十嵐 保(防衛大), \*森田 健(防衛大研究科学)
- A15 16:20-17:40 剥離流れ・噴流 4
- A151 OpenGLによる三次元熱流動シミュレーションの可視化  
許 国良(華中理工大学), \*桑原 不二朗(静大), 中山 顕
- A152 衝突噴流群の時・空間温度および流動特性  
\*松田 昇一(琉大工), 角田 睦司(琉大工学), 屋我 実(琉大工), 親川 兼勇
- A153 管内マルチ噴流の混合促進に関する非構造格子を用いた数値計算  
\*Peter WOODFIELD(京大院), 中部 主敬, 鈴木 健二郎
- A154 T形合流部における乱流混合の直接数値シミュレーション  
福島 直哉(東大院学), \*深湯 康二(産総研), 笠木 伸英(東大院)

## &lt; B 室 &gt;

- B11 9:30-10:50 相変化・分子運動論
- B111 海洋隔離における液体CO2噴出挙動に及ぼすハイドレート膜の影響  
\*三田 尚(東工大院学), 平井 秀一郎(東工大炭素循環セ)
- B112 気液界面の非平衡熱力学と逆温度こう配現象  
\*鶴田 隆治(九工大工), S. KJELSTRUP(NTNU), D. BEDEAUX(Leiden Univ.)
- B113 メタンハイドレート分解・生成過程の分子動力学シミュレーション  
宮崎 慶(慶大学), \*泰岡 顕治(慶大)
- B114 分子動力学法による液体金属-固体表面間の相互作用のシミュレーション  
\*祁 影霞(東工大・原子炉研), 高橋 実(東工大)
- B12 11:00-12:20 構造化・核生成・核活性化
- B121 加熱固体面に衝突する液滴のゆらぎ核生成沸騰  
稲田 茂昭(群馬大学), \*天田 大鉄, 佐藤 久(群馬大), 高橋 義光(群馬大(研究推進支援センター))
- B122 氷タンパク質上の氷核生成時における水分子挙動  
\*安藤 嘉倫(慶大学), 佐野 雄紀, 末永 敦(産総研), 泰岡 顕治(慶大), 戎崎 俊一(理研)
- B123 一樣磁場中のMR流体内に形成されるクラスターパターン  
\*鶴飼 智文(東洋大院), 前川 透(東洋大学)

- B124 検証：音信号と蒸発因子--介在気泡の振動  
\*関根 郁平(苫小牧高専)
- B13 13:20-15:00 分子・クラスタースケール 1
- B131 多体ポテンシャルの分子動力学(3体ポテンシャル)  
\*寺西 恒宣(富山高専), 岩城 敏博(富山大学)
- B132 分子動力学によるArrhenius型燃焼反応速度式の検討  
越後 亮三(芝工大), 長谷川 茂, \*高橋 和通
- B133 光・熱エネルギー変換過程のモデル化  
井上 剛良(東工大院), \*磨田 謙一(東工大学)
- B134 極短パルスレーザー照射時のエネルギー伝達解析システムの構築  
功刀 資彰(京大院), \*木村 英雄(京大院学), 芹澤 昭示(京大院)
- B135 古典分子動力学法による固体の熱伝導  
\*崔 淳豪(東大院学), 丸山 茂夫(東大院)
- B14 15:10-17:10 分子・クラスタースケール 2
- B141 電子構造からの固体クラスター熱物性の推察  
\*ゾロツキヒナ, T.N. (産総研), 矢部 彰
- B142 ダイヤモンド表面における高エネルギークラスター衝突の大規模分子動力学シミュレーション  
\*山口 康隆(東大工院), グスパン ユルゲン(カールスルーエ大), 庄司 正弘(東大工), 丸山 茂夫(東大院)
- B143 炭素ナノチューブの熱伝導の分子動力学シミュレーション  
\*丸山 茂夫(東大院)
- B144 触媒CVD法による単層炭素ナノチューブの高純度生成  
丸山 茂夫(東大院), \*小島 亮祐(東大院学), 宮内 雄平
- B145 ピーポッドからの2層ナノチューブ生成の分子動力学シミュレーション  
\*濫田 靖(東大院学), 丸山 茂夫(東大院)
- B146 分子クラスターの力学的構造と熱的挙動 - エルゴード性の検討 -  
越後 亮三(芝工大), 長谷川 茂, \*山王 敏幸(芝工大学)
- < C室 >
- C11 9:30-10:50 輻射数値シミュレーション
- C111 半導体処理用純水加熱用ふく射式高温サーキュレータの伝熱解析  
\*尾川 智彦(北大院学), 工藤 一彦(北大院), 持田 あけの, 脇原 盟(北大院学), 門谷 皖一(コマツ)
- C112 CO<sub>2</sub>・H<sub>2</sub>O共存不均質場における狭域内非一様性の取扱い  
\*内藤 正志(阪大院学), 岡本 達幸(阪大院), 高城 敏美
- C113 三次元灰色ふく射伝熱解析用最適等価吸収係数分布の有効性  
\*岩佐 能孝(北大院学), 工藤 一彦(北大院), 西堂 周平(北大院学), 持田 あけの(北大院), 橋本 建信(東京ガス)
- C114 ガスタービン翼精密鋳造時のふく射伝熱解析高速化  
\*小原 伸哉(苫高専), 工藤 一彦(北大院)
- C12 11:00-12:20 輻射伝熱
- C121 電磁方程式直接解法による光散乱予測ならびに多重散乱の影響評価に関する研究  
\*岡本 達幸(阪大院), \*中嶋 紀彦(阪大院学), 小原 義隆, 高城 敏美(阪大院)
- C122 ふく射加熱されるプラスチックフィルム上の熱伝達  
\*宮本 政英(山口大学), 鯉塚 章央(宇部興産(株)), 姫野 宏之(山口大院学), 真崎 誠一(山口大学学)
- C123 石英多孔質体内部の超断熱燃焼による選択波長光発電  
\*熊野 智之(岐大院学), 花村 克悟(岐阜大工)
- C124 大気圧グロー放電による炭素系薄膜合成  
\*木村 義人(東工大学), 野崎 智洋(東工大院), 岡崎 健
- C13 13:20-15:00 自然対流 1
- C131 一方向凝固過程におけるソルトフィンガー対流及びブルーム対流の挙動  
西村 龍夫(山口大), \*ティン ティン トゥー(山口大院学), 小田 裕司(山口大学)
- C132 大きな水平加熱円柱まわりの自然対流の流動と伝熱(プラントル数の影響)  
\*北村 健三(豊橋技科大), 山本 学(豊橋技科大学), 三角 利之(鹿児島高専)
- C133 球まわりの流動と熱伝達の数値シミュレーション  
\*ベタンクルト アンヘル(計算流体研), 桑原 邦郎(宇宙研), 小紫 誠子(日大院), 玄 在 民(韓国科学研究所)
- C134 高温加熱鉛直平板自然対流乱流境界層の構造特性  
\*服部 康男((財)電中研), 辻 俊博(名工大), 長野 靖尚, 田中 伸和((財)電中研)
- C135 水平環状空間内の水の密度逆転を伴う3次元自然対流の数値解析  
\*舟渡 裕一(富山県立大), 鈴木 立之
- C14 15:10-17:10 自然対流 2
- C141 LNGタンク底面・側壁同時加熱時のタンク内伝熱流動モデル実験  
工藤 一彦(北大院), 黒田 明慈, \*金澤 卓也(北大院学), 津井 信彦(東京ガス)
- C142 垂直な加熱円筒外周に沿う自然対流の流動と伝熱(円筒直径の影響)  
\*木村 文義(姫路工大), 橋 龍彦(姫路工大院学), 北村 健三(豊橋技科大)
- C143 浮力誘起ジェットに及ぼすブロックの影響  
一宮 浩市(山梨大工), \*山本 真也(山梨大院学), 鳥山 孝司(山梨大工)
- C144 下端に流動抵抗をもつ鉛直円管内の自然対流熱伝達  
\*西村 聡一郎(関西大院学), 石原 勲(関大院), 松本 亮介(関大)
- C145 垂直加熱・冷却壁による水-固体微粒子懸濁液の自然対流(熱伝達の測定)  
\*大野 雄一郎(青学大院学), 岡田 昌志(青学大), 中川 慎二(青山学院)
- C146 矩形容器内自然対流場における過冷却水溶液の凍結(温度場の可視化と速度場のPIV計測)



\*松坂 和広(青山学院学), 松本 一樹, 中川 慎二  
(青山学院), 岡田 昌志(青学大)

<D室>

- D11 9:30-10:50 熱伝導
- D111 逆問題推定による被加工物流入熱エネルギー量に関する研究(流入熱流束分布に三角形を適用した場合)  
磯部 佳成(山口産技センター), 井美 雄紀(山口大院学), \*加藤 泰生(山口大工)
- D112 ラプラス変換を用いた熱伝導の逆問題解 - 時間区分法による精度の改善 -  
\*有馬 博史(佐大), 門出 政則(佐賀大), 劉 維(佐賀大学), 光武 雄一(佐賀大)
- D113 繊維質断熱材の面内方向熱伝導率に関する研究  
\*大村 高弘(ニチアス株), 坪井 幹憲, 富村 寿夫(九大 機能研)
- D114 接触熱抵抗の数値シミュレーション - 円筒座標系における新しい計算法 -  
張 興(九大機能研), \*叢 培忠(九大院総理工府学), 藤井 丕夫(九大機能研)
- D12 11:00-12:20 熱輸送デバイス・熱輸送機器 1
- D121 PCMを用いたNTEカプセルの開発  
山口 義幸(都立大工), \*高梨 耕史(都立大工学)
- D122 SEMOS Heat Pipeの熱特性に関する研究  
西尾 茂文(東大), \*永田 真一, 窪田 輝幸(玉川大学)
- D123 自立駆動熱輸送特性の改善に関する実験的研究  
\*角口 勝彦(産総研), 山崎 正和(IEA)
- D124 気泡駆動型マイクロ熱輸送ループの試作研究  
\*吉野 浩一郎(九大院学), 高橋 厚史(九大院)
- D13 13:20-15:00 熱輸送デバイス・熱輸送機器 2
- D131 エタノールを用いた場合のトップヒート型ループ熱サイフォンの熱輸送特性  
\*一法師 茂俊(三菱電機), 井村 英昭(熊大), 武藤 彰男(熊大)
- D132 振動流による熱輸送向上に関する研究  
荒井 淳(千葉大院学), \*大野 雄一, 田中 学(千葉大工), 菱田 誠
- D133 フッ素を含むエーテル系冷媒熱サイフォンの伝熱特性  
\*前沢 三郎(成蹊大工), 若林 邦俊((財)地球環境産業技術研究機構), 魏 啓陽(成蹊大工)
- D134 圧力制御型水ヒートパイプによる白金抵抗温度計相互比較装置  
\*丹波 純(産総研), 新井 優
- D135 薄型ヘッダ管の流量分配  
堀木 幸代(東船大), \*中村 友繁(東船大院学), 刑部 真弘(東船大)
- D14 15:10-16:50 熱輸送デバイス・熱輸送機器 3
- D141 超微細多孔質表面からの水蒸発を伴うハイブリッド軸受  
吉田 英生(京大院), \*松井 裕樹(京大院学), 斎藤 元浩(京大院)

- D142 自励振動ヒートパイプの研究  
\*宮崎 芳郎(福井工大)
- D143 不等断面ループ型ヒートパイプの研究  
\*北島 仁(東工大学), 長崎 孝夫(東工大), 伊藤 優
- D144 平板型マイクロヒートパイプの熱伝達特性  
勝田 正文(早大), 細矢 直人(早大院学), \*本間 裕二(早大), 新藤 智也, 素谷 順二(古河電工), 木村 裕一, 中村 芳雄
- D145 自励振動型ヒートパイプの宇宙利用に向けた実験的研究  
\*村山 正寛(東工大院学), 井上 剛良(東工大), 鈴木 祐二

<E室>

- E11 9:30-10:50 沸騰現象
- E111 マイクロヒーターからの気泡生成における溶存ガスの影響  
井上 剛良(東工大), \*本郷 章紀(東工大学), 中別府 修(東工大)
- E112 親水性ヒータの流動系伝熱特性  
\*光武 徹((株)東芝), 師岡 慎一(東芝), 三浦 茂((株)東芝), 秋葉 美幸, 佐藤 寿樹, 市川 長佳
- E113 沸騰の伝播現象を利用したマイクロポンプの基礎研究  
奥山 邦人(横国大・工), \*竹原 令雄(横国大院学), 金 政焄, 飯田 嘉宏(横国大・工)
- E114 沸騰現象への汚れの影響に関する研究(細線での限界熱流束の増加)  
\*深田 裕介(東船大院学), 土師 生也(東船大), 刑部 真弘
- E12 11:00-12:20 核沸騰・極小熱流束・膜沸騰
- E121 高温円柱の急冷却中の2次元表面温度と熱流束の推定  
\*ハーマド ジャファ(佐賀大院学), 門出 政則(佐賀大), 光武 雄一, 有馬 博史(佐大)
- E122 プール膜沸騰における固液接触直後の濡れ面挙動に関する研究(濡れ発生と抑制機構の実験的検討)  
大竹 浩靖(工学院大), \*村上 章(工学院大学院), 小泉 安郎(工学院大)
- E123 有限垂直銀円柱まわりの飽和膜沸騰下限界  
\*山田 たかし(長崎大), 茂地 徹, 桃木 悟, 金丸 邦康(長大)
- E124 液体窒素のフラッシングに伴うミスト形成  
\*毛利 正樹(室工大), 花岡 裕(室工大), 渡辺 敏晃(水産大学校), 井坂 秀治(室工大), 久保田 智(北海道エア・ウォーター), 戸倉 郁夫(室工大)
- E13 13:20-14:40 限界熱流束・遷移沸騰 1
- E131 遷移沸騰曲線の特性  
\*劉 維(佐賀大学), 門出 政則(佐賀大), 光武 雄一
- E132 遷移沸騰熱伝達の整理式およびモデルの構築(定常実験データの蓄積と壁面近傍ポイド率の計測)  
\*本郷 裕文(工学院大学院), 小泉 安郎(工学院大), 大竹 浩靖
- E133 気泡微細化沸騰の発生と安定化過程

- \*臼田 嘉剛(東北大院学), 熊谷 哲(東北大院), 小林 武(東北大院学)
- E134 種々の液体中の水平円柱における異なる機構をもつサブクール・プール沸騰CHFに及ぼす円柱直径の影響(2)  
\*福田 勝哉(神戸商船大), 櫻井 彰(京大(名誉教授))
- E14 14:50-16:10 限界熱流束・遷移沸騰 2
- E141 サブクール流動沸騰のCHF発生機構に関する実験的検討  
小泉 安郎(工学院大), \*松下 尚弘(工学院大院学), 大竹 浩靖(工学院大)
- E142 低圧・低質量流束条件下における周方向非均一加熱管の限界熱流束  
\*梅川 尚嗣(関大工), 北島 哲生(関大院学), 小澤守(関大)
- E143 鉛直な環状流路内沸騰二相流中の流動障害物近傍における擾乱波による差圧変動特性とバーンアウトの関係  
\*森 昌司(九大院学), 深野 徹(九大院)
- E144 溝付伝熱面の気泡微細化を伴うサブクール流動沸騰について  
\*鈴木 康一(東理大), 花折 洋量(東理大学院学)
- E15 16:20-17:40 限界熱流束・遷移沸騰 3
- E151 サブクールプール沸騰限界熱流束と伝熱面まわりの流動に対する気体溶存量の影響  
\*原村 嘉彦(神奈川大)
- E152 高圧域における上向き面の飽和プール沸騰限界熱流束  
\*浜 靖典(北大院学), 坂下 弘人(北大院)
- E153 高圧域におけるサブクールプール沸騰限界熱流束の発生機構  
\*坂下 弘人(北大院), 浜 靖典(北大院学)
- E154 高熱流束沸騰における固液接触構造のモデル化  
\*田中 宏明(東大院学), 西尾 茂文(東大)

<F室>

- F11 9:30-10:50 凝縮
- F111 水蒸気凝縮熱伝達への広範囲の不凝縮ガス濃度の影響  
\*池田 夏子(東船大院学), 伊東 次衛(東船大), 刑部 真弘
- F112 水-エタノール濃度差マランゴニ凝縮熱伝達における不凝縮気体の影響  
\*王 世学(横国大院学), 宇高 義郎(横浜国大院)
- F113 鉛直極細管外面における水蒸気の凝縮現象(続報)  
宇高 義郎(横浜国大院), \*根上 智幸(横国大院学), 諸江 哲也(横国大学)
- F114 純冷媒HFC134aの扁平微細多孔管内凝縮(圧力損失・熱伝達係数に関する相関式作成の試み)  
小山 繁(九大機能研), \*中下 功一(九大院学), 桑原 憲(九大機能研), 山本 憲((株)デンソー)

- F12 11:00-12:20 凝固 1

- F121 境界適合格子を用いた液滴内部の対流挙動に関する数値解析(水の密度逆転を考慮した場合)

- \*麓 耕二(釧路高専), 山岸 英明, 池川 昌弘(北大院)
- F122 氷蓄熱を対象とした機能性流体を用いたサスペンションの連続生成に関する研究  
\*並木 義春(三菱鉛筆(株)), 松本 浩二(中大理工), 岡田 昌志(青学大), 川越 哲男(技術コンサルタント), 中川 慎二(青山学院), カン チェドン(ソウル大学)
- F123 CO2溶解水中におけるハイドレート膜の力学的特性評価  
\*山本 敬之(筑波大院学), 成合 英樹(筑波大), 阿部 豊, 山根 健次(海技研), 小島 隆志, 綾 威雄
- F124 水中への低温液体CO2の噴出挙動とハイドレート膜の成長  
山本 敬之(筑波大院学), \*尾山 ちさと, 成合 英樹(筑波大), 阿部 豊, 山根 健次(海技研), 小島 隆志, 綾 威雄
- F13 13:20-15:00 凝固 2
- F131 着霜時の伝熱特性に関する研究(第3報 フィン付伝熱面における伝熱特性)  
\*下村 信雄(松下冷機(株)), 熊田 雅弥(岐阜大工), 古田 英明(岐阜大学院学)
- F132 銅板を用いた凝固促進の数値シミュレーション  
\*笹口 健吾(熊大), 石川 昌稔(富士重工(株))
- F133 永久凍土の実験的シミュレーション(続報)  
\*村越 元彰(日本製紙(株)), 平田 賢(芝浦工業大学)
- F134 円管周りの霜層の昇華による除霜  
稲葉 英男(岡大工), 堀部 明彦, 春木 直人, \*桂敏夫(岡大院学)
- F135 水溶液の凝固に伴う二重拡散対流  
\*鎌倉 勝善(富山高専), 尾添 紘之(九大機能研)
- F14 15:10-16:50 凝固 3

- F141 冷媒中を上昇する不溶性液滴の凝固特性  
\*中尾 吉伸(千葉大院学), 小林 一紀, 田中 学(千葉大工), 菱田 誠
- F142 各種電極素材を用いた水の過冷却解消に及ぼす電場の影響  
\*宝積 勉(東工大院), 斎藤 彬夫, 大河 誠司, 渡辺 和治(豊田自動車(株))
- F143 凝固時における粒子の掃き出し・捕捉挙動に及ぼす添加物の影響  
青木 和夫(長岡技科大), 赤堀 匡俊, \*鈴木 良明(長岡技科大), 宮浦 康紀
- F144 氷表面に吸着する添加物を利用した氷の再結晶防止効果  
\*稲田 孝明(産総研), 櫛島 真一, 呂 樹申(九大機能研)
- F145 不織アルミニウム繊維層に満たされた水の凍結挙動  
菅原 征洋(秋田大), \*加藤 朝行(秋田大院学), 田子 真(秋大工資), 藤田 忠(秋田大), 吉木 祐也(サンリツ ハイブリッド株)

<G室>

- G11 9:50-10:50 微小重力場 1

- G111 二成分混合蒸気の凝縮過程における表面張力分布の形成機構  
\*倉前 正志(北大院)
- G112 Travelling Liquidus Zone 法による均質組成二元系化合物半導体の結晶成長解析  
\*杉木 喜洋(東洋大院), 前川 透(東洋大学), 松本 聡(宇宙開発事業団)
- G113 微小非定常拡散場における外力の影響  
\*小宮 敦樹(東北大学院), 円山 重直(東北大学流体研)
- G12 11:00-12:20 微小重力場 2
- G121 液柱マランゴニ対流における熱流動場の数値解析  
\*高 光鎬(横浜国大学院), 西野 耕一(横浜国大院), 依田 真一(宇宙開発事業団), 鳥居 薫(横浜国大院)
- G122 液柱マランゴニ振動流における動的表面変形の特性  
\*堤 理永(横浜国大学院), 西野 耕一(横浜国大院), 依田 真一(宇宙開発事業団), 鳥居 薫(横浜国大院)
- G123 温度勾配を有する壁面上でのマランゴニ力による液滴移動  
\*村田 章(農工大), 望月 貞成(東京農工大学)
- G124 液柱内温度差マランゴニ対流における振動流の能動的制御  
\*工藤 正樹(東理大学院), 塩見 淳一郎(スウェーデン王立工科大学), 上野 一郎(東理大), 河村 洋, グスタフ アンベリ(スウェーデン王立工科大学)
- G13 13:20-15:00 反応を伴う伝熱
- G131 メタンからの炭素固定型水素生成  
\*平井 秀一郎(東工大炭素循環セ), 加藤 一郎(東工大院学)
- G132 噴流拡散火炎の非定常挙動におけるスケールモデリングに関する研究  
\*榎田 玄一郎(愛知工大), 伊藤 健二(愛知工大院学)
- G133 せん断流中に形成された水素 空気拡散火炎による簡略化学反応機構の検証  
\*崔 敬民(航技研), 店橋 護(東工大), 李 擘(マツダ), 宮内 敏雄(東工大院)
- G134 回転乱流中を伝播する水素空気乱流予混合火炎の直接数値計算  
\*名田 讓(東工大院学), 店橋 護(東工大), 宮内 敏雄(東工大院)
- G135 パルス変調RF放電を用いた非平衡プラズマの炭素材料合成プロセスへの応用  
\*石丸 和博(岐阜高専), 足立 達(岐阜高専学), 岡崎 健(東工大院)
- G14 15:10-16:50 測定法
- G141 自然対流によるニュートン流体の熱伝導率測定  
\*田中 宏史(福岡工大), 富村 寿夫(九大機能研)
- G142 高温高圧水溶液測定用カロリーメータの開発(新しい解析法の提案)  
\*田中 勝之(慶大院学), 上松 公彦(慶大院)
- G143 干渉画像法による微小気泡の径・速度の空間分布計測  
\*川口 達也(慶大院), 菱田 公一, 前田 昌信
- G144 レーザー誘起表面波による粘性率測定に関する研究(第4報 表面波発生メカニズム)  
木戸 良彦(慶大院学), \*大場 孝浩(慶大), 長坂 雄次(慶大理工)
- G145 強制レイリー散乱法によるゲル化過程における熱物性値の動態測定(第1報)  
\*元祐 昌広(慶大院学), 長島 昭(慶大)
- <H室>
- H11 9:30-10:50 都市・地球スケール 1
- H111 長期気候変動シミュレーション専用プラットフォームの開発  
\*若嶋 振一郎(東北大・工研), 齋藤 武雄(東北大院)
- H112 アラスカの森林火災  
早坂 洋史(北大工), \*橋本 好弘(札消研), 橋場 幸宗(札高専), 関岡 昇三(関西テック)
- H113 アラスカの雷  
早坂 洋史(北大工), 橋本 好弘(札消研), \*橋場 幸宗(札高専), 関岡 昇三(関西テック)
- H114 屋外空間の潜熱・顕熱輸送量計測システムの構築(赤外線湿度計と超音波流速計の試作と性能評価)  
吉田 篤正(岡山大), \*井上 博喜(岡山大院学), 阪口 斉(岡山大学), 鷲尾 誠一(岡山大)
- H12 11:00-12:20 都市・地球スケール 2
- H121 都市温暖化の移動観測および熱環境計測法に関する研究  
\*山田 昇(東北大・工研), 齋藤 武雄(東北大院)
- H122 アラスカの森林火災と雷  
\*早坂 洋史(北大工), 橋本 好弘(札消研), 橋場 幸宗(札高専), 関岡 昇三(関西テック)
- H123 雷による森林の着火機構 - 実験と調査  
早坂 洋史(北大工), 橋本 好弘(札消研), 橋場 幸宗(札高専), \*関岡 昇三(関西テック)
- H124 都市計画への利用を目指した岡山市域の熱・大気質の環境解析  
\*吉田 篤正(岡山大), 浮田 崇正(岡山大院学)
- H13 13:20-14:40 動力・発電システム
- H131 カーボンブラック反応炉モデルの数値解析  
\*松原 幸治(新潟大), 斉藤 正人(新潟大院学), 小林 睦夫(新潟大), 西脇 勝也(旭カーボン株式会社)
- H132 新LNG冷熱発電方式の開発  
\*久角 喜徳(大阪ガス), 菱沼 孝夫(北大院), 近久 武美, 岡村 隆成(八戸工大), 阪井 敦(関西新技研), 池田 耕一郎(大阪ガス)
- H133 二成分混合物を用いた動力サイクルの性能評価  
\*山口 朝彦(長大), 酒田 洋司(長大院学), 金丸 邦康(長大)
- H134 灰溶融炉の伝熱特性に関する研究  
\*黒田 幸生(IHI), 水野 昌幸, 成澤 道則, 小熊 正人
- H14 14:50-16:30 環境技術
- H141 蟻酸メチル分解反応を活用した温排水からのオープンサイクル熱回収システムに関する研究

- \*久間 浩(筑波大学院), 矢部 彰(産総研&筑波大), 竹村 文男(東大), 中村 賢司(三菱ガス化学), 米岡 幹男, 梶山 士郎
- H142 ミスト化を併用したUV光電子法によるガスクリーン技術の開発  
 瀧本 昭(金沢大), 多田 幸生, 大西 元, \*藤田雅昭(金沢大学院)
- H143 ガス吸収操作への数珠状液滴列の適用 吸収液の冷却による吸収性能向上の試み  
 \*曾我 康平(慶大学院), 森 康彦(慶大理工)
- H144 電場による二酸化炭素吸収促進の試み  
 \*多田 互孝(能開総大学院), 梶 信藤(能開総大), 望月 高昭(学芸大)
- H145 熱泳動を利用したディーゼルエンジン排ガスの浮遊性粒子状物質の除去技術  
 \*青山 茂樹(阪大学院), 狩野 秀樹, 高橋 大助(阪大学), 吉田 憲司(阪大院), 片岡 勲
- <1室>
- 111 9:30-10:50 エネルギー有効利用システム 1
- 1111 大気圧プラズマリアクタのメタンリフォーミング特性  
 \*武藤 奈帆子(東工大学院), 野崎 智洋(東工大院), 岡崎 健
- 1112 半導体レーザー吸収分光法を用いた乱流予混合火炎の温度変動計測  
 \*岡 啓一郎(神大学院), 池田 裕二(神大機分セ), 福里 克彦(神大院), 中島 健(神大工)
- 1113 ペブル床ガス化炉における高温空気ガス化特性  
 \*平田 新之助(東工大学院), 加藤 義隆, 杉山 しのぶ, 吉川 邦夫(東工大院)
- 1114 小型廃棄物ガス化発電装置におけるガス化・発電特性  
 \*村上 恵一(東工大学院), Min Taijin, 安藤 裕一, 吉川 邦夫(東工大院)
- 112 11:00-12:20 エネルギー有効利用システム 2
- 1121 地下貯留における超臨界CO<sub>2</sub>の多孔質内流動  
 \*末包 哲也(東工大), 惣川 真吾(東工大学院), 岩谷 聡(東工大学), 津島 将司(東工大炭素循環セ), 平井 秀一郎
- 1122 水噴霧を用いた構造Hクラスレート水和物の生成方法  
 \*大村 亮(慶大理工), 柏崎 重豊(慶大学院), 塩田 三郎(慶大学), 辻 英之, 森 康彦(慶大理工)
- 1123 ゲスト物質気相中におかれた冷却固体面上への水噴霧によるクラスレート水和物生成  
 \*松田 定俊(慶大学院), 大村 亮(慶大理工), 森 康彦
- 1124 熱可塑性樹脂のレーザーラップ接合の数値シミュレーション  
 \*長谷川 達也(名工大), 高井 雄一郎(名工大学院)
- 113 13:20-14:40 エネルギー有効利用システム 3
- 1131 エクセルギーコストの最小化評価法に関する研究  
 \*杉本 勝美(神大工), 山下 智也(神大学院), 藤井 照重(神大工)
- 1132 ラジアルターピンを用いたコージェネレーションシステムの性能予測手法  
 \*金丸 一宏(京大院), 川上 佳彦(京大学院), 吉田 英生(京大院), 斎藤 元浩
- 1133 Natural Convection Heat Transfer in a Solar Collector with Complex Geometry  
 \*L.M.Graham(Univ. New South Wales), N.K.Groenhout, M.Gehnia
- 1134  $\mu$ GTコージェネシステムの寒冷地利用に関する研究  
 \*山田 貴延(北見工大), 続木 誠悟(北見工大学), 成田 和芳
- 114 14:50-16:10 燃料電池 1
- 1141 固体高分子型燃料電池における過電圧の分離測定  
 \*小野 義隆(東工大学院), 伏信 一慶(東工大院), 岡崎 健
- 1142 固体高分子型燃料電池膜面温度場の計測と均一化制御  
 \*下井 亮一(東工大学院), 増田 正夫(高砂熱学工業, 東工大学院), 小澤 由行(高砂熱学工業), 伏信一慶(東工大院), 岡崎 健
- 1143 固体高分子型燃料電池用カソード触媒の物理(酸素還元反応機構)  
 \*陣内 亮典(東工大学院), 岡崎 健(東工大院)
- 1144 マイクロチャンネル型PEFCの性能に及ぼす水分濃度の影響  
 \*佃 将一(北大院学), 高木 康晴, 菱沼 孝夫(北大院), 近久 武美
- 115 16:20-17:40 燃料電池 2
- 1151 固体高分子型燃料電池の凍結環境下における起動法  
 \*小川 朋宏(北大院学), 各務 文雄, 菱沼 孝夫(北大院), 近久 武美
- 1152 熱・物質移動解析に基づく円筒型SOFCの特性評価と燃料ガス組成の影響  
 \*小森 一(京大学院), 西野 貴文, 李 沛文(京大院), 鈴木 健二郎
- 1153 固体高分子型燃料電池における膜内水分分布のMRI計測  
 \*寺西 一浩(東工大学院), 津島 将司(東工大炭素循環セ), 平井 秀一郎
- 1154 固体高分子型燃料電池膜内水分の拡散係数と過渡応答  
 \*津島 将司(東工大炭素循環セ), 寺西 一浩(東工大学院), 平井 秀一郎(東工大炭素循環セ)

第2日 6月6日(木)

<A室>

- A21 9:00-10:40 剥離流れ・噴流 5
- A211 横風を受ける火炎の風下に発生する水平渦・垂直渦  
\*篠原 雅彦(北大院学), 工藤 一彦(北大院), 佐藤 晃由(消防研)
- A212 剥離・再付着を伴うステップ面上の自然強制複合対流熱伝達制御に関する研究(ステップ流域に傾斜制御版を設置した場合)  
\*宮西 広樹(室蘭工大), 岡路 大輔, 工藤 大輔, 鈴木 淳, 岸浪 紘機
- A213 剥離・再付着を伴うステップ面上の自然強制複合対流熱伝達制御に関する研究(ステップ流域に水平制御版を設置した場合)  
\*宮西 広樹(室蘭工大), 岡路 大輔, 工藤 大輔, 鈴木 淳, 鎌田 紀彦, 岸浪 紘機
- A214 鈍頭平板まわりの剥離・再付着乱流熱伝達  
太田 照和(東北大), \*賀川 元史(東北大学院学), 十河 教介(東北大工学), 吉川 浩行(東北大)
- A215 馬蹄渦の物体後流における流動特性  
\*松口 淳(防衛大), 香川 澄, 鶴野 省三
- A22 10:50-12:30 測定技術
- A221 動的格子加熱法を用いた高熱伝導薄膜の温度伝導率測定(高配向性ダイヤモンド薄膜への適用)  
\*田口 良広(慶大学院学), 長島 雅幸(慶大学), 長坂 雄次(慶大理工)
- A222 熱電対測定法における研削面表層温度への測定孔の影響  
磯部 佳成(山口産技センター), \*磯部 佳成, 井美 雄紀(山口大学院学), 加藤 泰生(山口大工)
- A223 PIVとLFDを用いた自由界面と液流速同時計測システム(粒子の三次元位置誤差評価)  
\*深町 典博(東船大学院学), 古賀 達也, 波津久 達也(東船大), 賞雅 寛而, 岡本 孝司(東大工)
- A224 三次元三成分粒子画像流速計の開発  
\*大西 和明(宇大学院学), 二宮 尚(宇大院), 秋山 光庸, 杉山 均
- A225 マイクロ熱膜せん断応力センサの動特性向上に関する研究  
\*吉野 崇(東大), 鈴木 雄二(東大工), 笠木 伸英(東大院), 上運天 昭司((株)山武)
- A23 13:30-15:10 速度計測
- A231 マイクロPIV法による微小円管内の速度場計測  
\*杉井 康彦(東大院), 岡本 孝司(東大工), 班目 春樹(東大院)
- A232 干渉画像法による噴霧流の粒径・速度の同時空間分布計測  
\*赤坂 幸広(慶大学院学), 川口 達也(慶大院), 前田 昌信
- A233 電磁力駆動プラズマ旋回流の計測  
\*藤岡 靖昌(東工大院学), 末包 哲也(東工大), 平井 秀一郎(東工大炭素循環セ)
- A234 高時間分解能超音波流速計の開発  
\*佐藤 陽輔(慶大学院学), 武田 靖(ポールシェラー研究所), 森 治嗣(東京電力), 菱田 公一(慶大

院), 前田 昌信

- A235 超音波ドップラ法を用いた金属配管内流量計測  
\*和田 守弘(東工大院学), 木倉 宏成(東工大原子炉研), 有富 正憲, 森 治嗣(東京電力)

<B室>

- B21 9:20-11:20 マイクロスケール
- B211 走査型熱顕微鏡における実温度計測システムの開発  
\*中別府 修(東工大院), 鈴木 孝充, 井上 剛良
- B212 パルス加熱される微小伝熱面上の液膜のマランゴニ流動(第2報、側壁とその材料の影響)  
奥山 邦人(横国大・工), \*高畑 和明(横国大学院学), 穴澤 朝彦, 飯田 嘉宏(横国大・工)
- B213 ストリーマ形成過程のシミュレーション ラジカル生成効率について  
\*野崎 智洋(東工大院), 宮崎 悠, 海野 靖子, 岡崎 健(東工大)
- B214 電場を印加したマイクロチャネルの流動特性  
國松 宏(阪大学院学), 井川 栄治, 井上 義朗(阪大院), \*平田 雄志
- B215 はっ水性微細構造表面を用いた管内の流れ  
長谷川 雅人(金沢大院), \*小山 直路(金沢大学院学), 松本 壮平(産総研), 尾崎 浩一, 上野 久儀(金沢大), 矢部 彰(産総研&筑波大)
- B216 ナノバブルの存在と生成方法に関する基礎的研究  
\*寺門 秀一(筑波大学院学), 竹村 文男(東大), 牧博司(東理大), 矢部 彰(産総研&筑波大)
- B22 11:30-12:30 電場・磁場
- B221 磁化力による空気自然対流の制御  
\*赤松 正人(秋大), 日向野 三雄, 高橋 義雄, 尾添 紘之(九大機能研)
- B222 円管内の空気流のグラッツ問題への磁場印加解析  
呂 樹申(九大機能研), 李 チャンホ, 田川 俊夫, \*尾添 紘之
- B223 水平一様磁場印加下における縦長矩形容器内の自然対流  
\*田川 俊夫(九大機能研), オチエ ギョーム(フランスEPMマディラム研究所), モロー ルネ
- B23 13:30-15:10 分子動力学
- B231 金属表面酸化加熱過程の分子スケール解析: 付着分子と表面温度の影響  
\*芝原 正彦(阪大工), 東 泰弘(阪大学), 香月 正司(阪大工)
- B232 液滴の断熱膨張によるクラスター生成の分子動力学シミュレーション  
\*柿沼 雄介(慶大学), 泰岡 顕治(慶大)
- B233 固体壁面間でせん断を受ける極薄液膜中のエネルギー・運動量伝搬特性  
\*小原 拓(東北大), 八並 知美(東北大学院学)
- B234 分子動力学法による白金表面上の水液滴構造  
\*木村 達人(東大院学), 丸山 茂夫(東大院)
- B235 物質拡散に関する分子動力学的研究  
\*岩城 敏博(富山大工), 佐竹 信一, 朝倉 太郎(富山大院)

<C室>

- C21 9:00-11:00 共存対流 1
- C211 修正二方程式モデルによる共存対流乱流輸送機構の考察  
\*稲垣 照美(茨大)
- C212 自然対流境界層における乱流熱伝達の促進  
\*西野 達彦(名工大学院), 梶谷 剛(名工大学), 辻俊博(名工大)
- C213 水平正方形流路内の三次元複合対流に生ずる逆流について - 三方加熱壁の場合 -  
一宮 浩市(山梨大工), \*鳥山 孝司
- C214 加熱回転円板上の非定常熱流動現象におけるプラントル数の影響  
稲室 隆二(京大院), \*今里 格(京大学), 荻野 文丸(京大院)
- C215 非混合液-液系における浮力・表面張力対流場の観測  
\*染矢 聡(産総研), 宗像 鉄雄, 西尾 匡弘
- C216 回転円盤からの熱伝達に及ぼす密度変化の効果の数値解析  
\*河村 隆雄(岐阜高専)
- C22 11:10-12:30 共存対流 2
- C221 下向き一様流中に置かれた加熱球まわりの時空間伝熱特性(潜熱蓄熱に関連して)  
\*小泉 博義(電通大)
- C222 加熱回転円板上の流動特性  
\*三輪 直敬(岐大院学), 古市 紀之(岐大), 熊田 雅弥(岐阜大工)
- C223 室内冷暖房時の熱流動模様  
\*山田 裕巳(群馬大学), 稲田 茂昭, 遠藤 英樹, 内山 茂(群馬大)
- C224 異種気体の対向置換流に関する研究  
安斉 健二(千葉大学院), \*田中 学(千葉大工), 菱田 誠
- C23 13:30-15:10 伝熱促進・制御 1
- C231 冷媒自然循環方式による電子素子の沸騰冷却に関する研究  
\*黒田 壮司(九大院学), 本田 博司(九大機能研), 魏 進家(九大院学), 山城 光(九大機能研)
- C232 マイクロピンフィンを有するシリコンチップ上のFC-72の沸騰熱伝達におよぼすフィン高さの影響  
\*魏 進家(九大院学), 本田 博司(九大機能研), 高松 洋
- C233 上面加熱系の沸騰熱伝達における障害物の影響に関する研究  
\*吉田 憲司(阪大院), 福城 顕輔(阪大学), 松本 忠義(阪大学), 大川 富雄(阪大), 片岡 勲(阪大院)
- C234 片側表面から加熱を受けるスワール管路内層流熱伝達に関する数値解析  
\*青山 善行(愛媛大), 功刀 資彰(京大院)
- C235 金型内部冷却設計のための衝突噴流実験  
\*西村 龍夫(山口大), 川崎 裕太郎(山口大学院), 住田 純一(山口大学), 国次 公司(山口大)
- D211 繊維構造体を用いた蓄熱式熱交換器の提案と伝熱性能評価  
\*垣尾 忠秀(東北大学院), 円山 重直(東北大学流体研), 酒井 清吾(東北大院)
- D212 掻き取り式熱交換器の伝熱と消費動力に関する研究  
\*松永 崇(久留米高専), 藤 道治, 鴨田 武征((株)イズミフードマシナリ)
- D213 装置形状の異なるダブルスパイラル型熱交換器の伝熱特性  
\*土井 一慶(名大高温工工学), 安部 直樹, 篠田 昌久(名大院学), 新井 紀男(名大高温工学), Stuart W. Churchill(ペンシルバニア大)
- D214 超高温セラミック熱交換器の高効率化に関する研究  
\*馬場 太希(岐大院学), 熊田 雅弥(岐阜大工), 山本 力(NGK)
- D215 フィン付き伝熱管群の熱流動特性(スパイラルフィンとセレーテッドフィンの比較)  
\*川口 清司(富山大), 奥井 健一, 青木 裕樹(富山大学院学), 菓子 貴晴
- D22 10:50-12:30 熱交換器 2
- D221 矩形流路内で冷却された湿り空気からのミスト発生に関する実験  
小山 繁(九大機能研), \*安原 薫(九大院学), 屋良朝康(九州大学機能物質科学研究所)
- D222 LNG廃冷熱輸送システムの性能に与えるコールドドラップへの着霜の影響  
\*松田 義信(東工大学), 佐藤 勲(東工大院), 斉藤卓志
- D223 LNG冷熱利用空気予冷熱交換器の着霜低減条件  
\*近久 武美(北大院), 川上 佳(北大院学), 菱沼孝夫(北大院), 久角 喜徳(大阪ガス), 池田 耕一郎
- D224 LNG冷熱利用空気予冷熱交換器の最適形状解析  
\*川上 佳(北大院学), 近久 武美(北大院), 菱沼孝夫, 久角 喜徳(大阪ガス), 池田 耕一郎
- D225 孔空きプレートフィン型熱交換器の伝熱特性  
吉田 英生(京大院), 斎藤 元浩, \*田原 啓太郎(京大学院学), 川崎 雅文
- D23 13:30-14:50 ヒートシンク
- D231 ベアチップ冷却用ヒートスプレッダーに関する研究(チップ最高温度に及ぼすヒートスプレッダー形状の影響)  
\*富村 寿夫(九大 機能研)
- D232 ロータス型ポーラス金属の有効熱伝導率解析  
\*大串 哲朗(三菱電機), 千葉 博, 中嶋 英雄(阪大), 池田 輝之
- D233 P C 熱設計におけるヒートシンクのモデル化  
\*田坂 誠均(住金総研), 久保 伸二, 東城 裕樹, 小林 宏至(住金マイクロデバイス), 金原 尚之
- D234 パソコン用CPUのファン付きヒートシンク周りの冷却特性  
\*近藤 義広(日立 機械研), 松下 伸二(日立 インターネットプラットフォーム事業部)

<D室>

<E室>

- D21 9:00-10:40 熱交換器 1

- E21 9:00-10:40 限界熱流束・遷移沸騰 4  
 E211 プラズマ照射による固体表面の濡れ性改善と液滴の蒸発  
 \*日高 澄具(九州大), 山下 秋満(九州大学), 山本弘志(九州大院), 高田 保之(九大), 伊藤 猛宏(九州大)  
 E212 非定常沸騰伝熱特性に及ぼす酸化膜の影響  
 \*金森 梓(岐阜大 [学]), 井上 晃(岐阜大), 三松順治(岐大), 檜和田 宗彦  
 E213 放射線誘起沸騰改善(第4報 濡れ性に及ぼす雰囲気の影響)  
 \*今井 康之(東大工院学), 賞雅 寛而(東船大), 岡本 孝司(東大工), 三島 嘉一郎(京大), 植松 進(海技研)  
 E214 放射線誘起沸騰改善(第5報 ライデンフロスト温度とクエンチング条件)  
 今井 康之(東大工院学), \*古賀 達也(東船大院学), 賞雅 寛而(東船大), 岡本 孝司(東大工), 古谷 正裕(電中研)  
 E215 放射線誘起沸騰改善(第6報 ステンレス薄膜におけるCHF)  
 秋山 寛(東大工院学), \*岡本 孝司(東大工), 今井康之(東大工院学), 賞雅 寛而(東船大)
- E22 10:50-12:30 限界熱流束・遷移沸騰 5  
 E221 加圧HeII中のダクト中央部の平板発熱体における熱伝達  
 \*塩津 正博(京大), 達本 衡輝(京大院学), 畑 幸一(京大工ネ理工研), 白井 康之(京大), 濱 勝彦  
 E222 加圧超流動ヘリウムの強制対流熱伝達  
 \*岡村 崇弘(京大院学), 畑 幸一(京大工ネ理工研), 濱 勝彦(京大), 達本 衡輝(京大院学), 白井康之(京大), 塩津 正博  
 E223 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1, 発熱体出口に対するCHF表示式)  
 \*谷本 雄哉(京大院), 畑 幸一(京大工ネ理工研), 佐藤 肇幸(京大院), 塩津 正博(京大)  
 E224 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2, 発熱体入口に対するCHF表示式)  
 \*畑 幸一(京大工ネ理工研), 佐藤 肇幸(京大院), 谷本 雄哉, 塩津 正博(京大)  
 E225 衝突噴流沸騰系の冷却限界(第2報)  
 門出 政則(佐賀大), \*光武 雄一, 劉 維(佐賀大学), 吉田 雄一郎(佐賀大院)
- E23 13:30-15:10 融解  
 E231 混合蓄熱材を用いた接触溶融現象に関する研究  
 \*武田 一成(東工大学), 熊野 寛之(東工大院), 斎藤 彬夫, 大河 誠司  
 E232 垂直氷層の温度・濃度複合融解  
 菅原 征洋(秋田大), 大下 薫(秋田大院学), \*小林 崇, 田子 真(秋大工資), 藤田 忠(秋田大)  
 E233 熱媒体中に置かれた水平楕円管内の相変化物質の融解を伴う複合対流熱伝達  
 廣瀬 宏一(岩大工), \*吉井 司(岩大院学), 渡邊 浩之(岩大学)  
 E234 上面冷却及び下面加熱を受ける水平潜熱マイクロカプセル層の自然対流熱伝達  
 稲葉 英男(岡大工), \*戴 伝山(岡大院学), 堀部明彦(岡大工)
- E235 氷水直接接触式熱交換器の開発と最適設定  
 \*土屋 量平(長岡技科大院), 河田 剛毅(長岡高専), 白樫 正高(長岡技科大), 斎藤 明宏(新潟工科大), 山田 修一(長岡技科大), 廣地 武郎
- <F室>  
 F21 9:00-10:40 固液二相流・ミスト流  
 F211 高流量密度のミスト冷却による高熱流束除熱特性  
 \*釜洞 敦(東北大学院学), 宇佐美 純, 結城 和久(東北大学), 戸田 三朗  
 F212 Yジャンクションによる固液二層流の低濃度化(第2報)  
 \*太田 淳一(福井大), 高木 邦雄(松浦機械製作所), 貝沼 洋介(福井大学), 野村 卓司, 沢波 友之, 真柄 隆司  
 F213 潜熱マイクロカプセルスラリーの管内熱伝達特性  
 稲葉 英男(岡大工), \*金 明俊(岡大院学), 堀部明彦(岡大工)  
 F214 氷水スラリーの曲り管内出の熱伝達特性  
 堀部 明彦(岡大工), 稲葉 英男, 春木 直人, \*山根 暢宏(岡大院学)  
 F215 レベルセット法を用いた燃料噴射流れに関する数値的研究  
 \*潘 宇(豊田中研), 須賀 一彦
- F22 10:50-12:30 沸騰二相流 1  
 F221 傾斜した狭隘流路での沸騰熱伝達特性  
 \*横堀 誠一(東芝), 岩城 智香子, 秋永 誠, 渡辺 沖(東京電力)  
 F222 液体窒素の沸騰を利用したノズル噴流の推力に関する研究  
 \*青野 一郎(室工大院学), 花岡 裕(室工大), 井坂 秀治, 宮岡 秀樹(北海道旅客鉄道株式会社)  
 F223 狭い鉛直環状流路内のポストドライアウト熱伝達に関する実験研究  
 \*秋 穂正(西安交通大), 高橋 実(東工大), Guanghui SU(西安交通大), 賈 斗南  
 F224 稠密バンドル燃料の圧力損失に関する研究  
 \*師岡 慎一(東芝), 白川 健悦, 山本 泰  
 F225 マイクロチューブ内の強制対流沸騰熱伝達と圧力損失特性  
 \*巖 子翔(東大院学), 那須 裕喜, 鈴木 雄二(東大工)
- F23 13:30-14:50 沸騰二相流 2  
 F231 液膜流モデルに基づくドライアウト熱流束予測手法の開発  
 \*大川 富雄(阪大), 金 世潤(阪大院), 片岡 勲, 内藤 正則(原子力発電技術機構)  
 F232 急拡大部における気泡挙動  
 \*近藤 宏一(海技大学校), 吉田 憲司(阪大院), 松本 忠義(大阪大学), 大川 富雄(阪大), 片岡 勲(阪大院)  
 F233 対向流条件下高温狭隘環状流路リウエットニングの研究  
 小泉 安郎(工学院大), \*津久戸 正典(工学院大院学), 大竹 浩靖(工学院大)

- F234 制限チャンネル内の流動沸騰熱伝達  
藤田 恭伸(九大), \*楊 洋(九大院学)
- <G室>
- G21 9:00-11:00 素材製造技術
- G211 半導体ウエハ昇温時のふく射遮蔽による面内温度分布平坦化効果  
\*李 宏(北大院学), 持田 あけの(北大院), 工藤一彦, 菱沼 孝夫, 宮田 敏光(日立国際電気)
- G212 PIV計測による積層型加熱炉内シリコンウエハ面上の反応ガス流動解析  
\*池田 純一(北大学), 菊田 和重(北大院), 菱沼 孝夫, 近久 武美, 宮田 敏光(日立国際電気), 大野 健治
- G213 積層型加熱炉によるシリコンウエハの加熱特性  
\*佐々木 隆史(北大院学), 菊田 和重(北大院), 菱沼 孝夫, 近久 武美, 宮田 敏光(日立国際電気), 大野 健治
- G214 半透明材料のCZ法単結晶引き上げ時の温度分布計算  
\*平澤 茂樹(日立機械研), 池川 正人, 石橋 浩之(日立化成), 軍司 章弘
- G215 管溶接の焼鈍過程における熱流動解析  
\*越後 亮三(芝工大), 糸櫻 洋(芝工大院学)
- G216 低温プラズマを利用した複合材料の創製  
\*稲田 茂昭(群馬大学), 飯島 明, 小池 正起, 小澤 康男(株マベペユニット)
- G22 11:10-12:30 生体・食品技術 1
- G221 食品凍結における伝熱と損傷の数値シミュレーション  
\*多田 幸生(金沢大), 宮島 啓輔(金沢大院学), 林勇二郎(金沢大)
- G222 冷却特性が肝臓切離抵抗に及ぼす影響  
\*野村 信福(愛媛大・工), 神代 充, 柴田 諭, 高橋 学, 岡部 永年, 渡部 祐司(愛媛大・医), 河内寛治
- G223 吸水速乾Tシャツの熱的実験  
\*竹内 正顯(桐蔭横浜大), 塩見 将人(桐蔭横浜大院学)
- G224 生体微小領域熱計測のための熱電対プローブの評価  
\*角田 直人(東大国際・産学), 鈴木 隆文, 齋藤敬, 満洲 邦彦
- G23 13:30-15:10 生体・食品技術 2
- G231 熱電運動素子を用いた人工心筋の開発および伝熱解析  
円山 重直(東北大 流体研), \*伊吹 竜太(東北大院学), 酒井 清吾(東北大院), マスード ベーニア(ニューサウスウェールズ大), 津田 修(東京マイクロデバイス株式会社)
- G232 筒状SMAを用いた極細能動カテーテルの開発と伝熱制御  
\*武山 誠(東北大院学), 円山 重直(東北大 流体研), 酒井 清吾(東北大院)
- G233 生体のグルコース濃度変動による近赤外光反射スペクトル変化  
\*山田 幸生(電通大), 垂水 正敏(日機装), 島田光功, 村上 智也, 島田 美帆(精神研)
- G234 二次元FEMモデルによる人体手指の血液流れと温度分布に関する研究  
\*賀 纓(理研), 白崎 実, 姫野 龍太郎
- G235 Electroporationによる細胞膜透過促進  
\*白樫 了(東大生研), C.M. KOESTNER(Lehrstuhl fuer Biotechnologie, der Universitaet), V.L. SUKHORUKOV, U. ZIMMERMANN
- <H室>
- H21 9:20-11:00 空調・冷凍機器
- H211 ハイブリッド吸着ヒートポンプにおけるポンプ動力の最適化  
\*杉山 征輝(名大院学), 藤澤 亮(科学技術交流財団), 渡辺 藤雄(名大院), 小林 敬幸, 架谷 昌信, 金森 道人(中部電力), 平松 正義
- H212 移動体通信基地局の冷却システムに関する研究(第一報 システム構成)  
前田 有美(三菱電機株), \*瀬下 裕, 岡崎 多佳志(三菱電機株), 土屋 克夫(島田理化工業株), 間野 良一((株)NTTドコモ)
- H213 移動体通信基地局の冷却システムに関する研究(第二報 補助冷却装置の性能)  
\*岡崎 多佳志(三菱電機株), 前田 有美(三菱電機株), 瀬下 裕, 土屋 克夫(島田理化工業株), 間野 良一((株)NTTドコモ)
- H214 移動体通信基地局の冷却システムに関する研究(第三報 実装性能とエネルギー的評価)  
\*前田 有美(三菱電機株), 瀬下 裕, 土屋 克夫(島田理化工業株), 間野 良一((株)NTTドコモ)
- H215 温冷車コンテナに対する伝熱学的検討  
\*都筑 良明(宇大工PD), 秋山 光庸(宇大院), 二宮尚, 杉山 均, 浦井 勇(宇大工), 白井 好光(白井車輛株)
- H22 11:10-12:30 空調・冷凍システム
- H221 サイクロン式油分離器の性能予測  
\*村上 泰城(三菱電機), 若本 慎一, 森本 修
- H222 CO2冷凍サイクルに適用される二相流エジェクタのノズル性能  
中川 勝文(豊橋技科大), \*森宗 陽介(豊橋技科大院学), 杉浦 崇之
- H223 小型MH冷凍システムの熱的最適化に関する研究  
\*裴 相哲(早稲田大学), 中野 智普(早大院学), 竹村 泰彦(早大学), 池田 伸, 勝田 正文(早大)
- H224 ポリトロープ(多重熱)変化過程に関する熱力学的考察 - ポリトロープ変化とエントロピー, 自由エネルギー -  
\*越後 亮三(芝工大)
- H23 13:30-15:10 蓄熱・蓄冷機器
- H231 高温用PCMの開発  
\*丸岡 伸洋(阪府大院学), 秋山 友宏(阪府大院)
- H232 尿素-水混合液の結晶成長  
\*外村 琢(玉川大院学), 大久保 英敏(玉川大)
- H233 氷蓄熱用カプセル充てん層内の熱伝達の不均一性  
\*小川 邦康(慶大), 成瀬 慎一郎(慶大院学), 後藤大樹(慶大)
- H234 曲がり流路内を流れる氷スラリーの熱伝達特性



\*川南 剛(北大院), 山田 雅彦, 池川 昌弘, 福迫  
尚一郎(札幌市)

H235 過冷却蓄熱効率の動作温度依存性

\*平野 聡(産総研), 齋藤 武雄(東北大院)

<1室>

フロンティアフォーラム「相変化を伴う伝熱現象におけ  
るぬれ性の諸問題」

企画:鈴木康一(東理大), 永井二郎(福井大), 高田保  
之(九大), 大田治彦(九大)

I21 9:30-10:40 相変化を伴う伝熱現象におけるぬれ性  
の諸問題 1

I211 相変化を伴う伝熱における濡れ性の役割

\*Van P. CAREY(UC Berkeley)

I212 ぬれ性 - その評価法と熱流体現象における重要性

\*庄司 正弘(東大工)

I22 10:50-12:00 相変化を伴う伝熱現象におけるぬれ  
性の諸問題 2

I221 沸騰開始におけるぬれの決定的役割

\*水上 紘一(愛媛大)

I222 分子スケールからみた固液接触

\*丸山 茂夫(東大院), 3日目

I23 13:30-15:15 相変化を伴う伝熱現象におけるぬれ  
性の諸問題 3

I231 氷結晶の生成と付着における冷却面性状(ぬれ性)  
の影響

\*山田 雅彦(北大院), 河部 弘道(専修大北  
海道短大)

I232 光励起超親水化現象を利用した沸騰・蒸発の促進

\*高田 保之(九大)

I233 液体浸潤性利用による宇宙用沸騰熱交換器の性能  
向上

\*大田 治彦(九大工)

第3日 6月7日(金)

<A室>

- A31 9:00-10:40 乱流構造と伝熱・摩擦特性
- A311 乱流のコヒーレント微細渦による局所熱輸送機構  
店橋 護(東工大), \*岩瀬 識(東工大院学), 高田 夏来, 宮内 敏雄(東工大)
- A312 乱流コヒーレント微細渦に基づく管内摩擦抵抗低減  
店橋 護(東工大), \*茅田 英章(東工大院学), 矢崎 豊, 西村 浩一(大阪ガス株), 宮内 敏雄(東工大院)
- A313 乱れによる熱および運動量輸送の相似性に関する一考察  
\*加藤 健司(阪市大), 東 恒雄
- A314 DNS of turbulent rarefied flow in microchannels  
\*DU Dongxing(京大院), 岩井 裕, 鈴木 健二郎
- A315 菱形管内乱流の伝熱・摩擦特性  
\*福島 直哉(東大院学), 笠木 伸英(東大院)
- A32 10:50-12:30 乱流の数値シミュレーション
- A321 凹凸壁面乱流における熱輸送機構の相異  
\*長田 光広(東大院学)
- A322 粗面を有する乱流温度場の数値シミュレーション  
\*安井 真也(名工大学), 長野 靖尚(名工大)
- A323 リブ付き三角流路の伝熱特性(その2)  
\*北村 剛(三菱重工業), 武石 賢一郎, 松浦 正昭, 清水 邦弘
- A324 二次元衝突噴流における乱流伝熱の数値予測  
\*竹内 祥奎(名工大学), 佐藤 博, 服部 博文(名工大), 長野 靖尚
- A325 上下壁面温度差一定条件を課した平行平板間乱流熱伝達の直接数値シミュレーション  
\*関 洋治(東理大院学), 阿部 浩幸(東理大), 河村 洋
- A33 13:30-14:50 乱流構造とモデル化
- A331 水乱流の壁近傍構造と高分子塊の相互作用に関する実験的研究  
\*山崎 崇文(京大院学), 多瀬田 安範(村田製作所), 萩原 良道(京工織大)
- A332 乱流境界層の温度変動に及ぼす逆圧力こう配の影響  
\*保浦 知也(名工大), 市川 美智子(名工大学), 長田 純一, 長野 靖尚(名工大)
- A333 壁面粗度の急変を伴う正方形流路内の乱流熱伝達  
\*廣田 真史(名大院), 柳澤 剛(名大院学), 宗形和明, 小荒井 元一(トヨタコミュニケーションシステム), 藤田 秀臣(名城大)
- A334 乱流モデルによる粗面乱流伝熱の予測  
\*稲垣 賢一郎(名工大学), 服部 博文(名工大), 長野 靖尚

<B室>

- フロンティアフォーラム「エネルギー・分散発電・分散エネルギーシステムへの潮流」  
企画: 笠木伸英(東大), 吉田英生(京大)
- B31 9:00-12:30 エネルギー・分散発電・

分散エネルギーシステムへの潮流

- B311 小型分散電源コージェネ空調システムの例  
\*稲塚 徹(ダイキン空調技術研究所)
- B312 家庭用燃料電池システムの開発状況および将来展望  
\*田島 収(三洋電機株)
- B313 雪国だけの恵みー雪氷冷熱エネルギー-利用技術の最前線  
\*媚山 政良(室蘭工大)
- B314 マイクロガスタービンを用いた分散エネルギーシステム  
\*伊藤 高根(東海大学)
- B315 有機燃料を利用する水素貯蔵・供給インフラ技術  
\*市川 勝(北大)
- フロンティアフォーラム準備セッション「二相流の分岐・相分離の諸問題」  
企画: 勝田正文(早大)
- B32 13:30-14:50 二相流の分岐・相分離の諸問題
- B321 インパクトTにおける二相流の流量分配  
\*飛原 英治(東大新領域)
- B322 微小重力場における分岐管を用いた気液分離性能特性  
\*葉 爽(神大院学), 藤井 照重(神工大), 浅野 等, 杉本 勝美
- B323 空調機における気液二相冷媒の分配に関する課題と対応  
\*隅田 嘉裕(三菱電機)
- B324 T分岐流路での二相流分配とヘッダ型分配器への適用  
\*渡辺 学(東水大)

<C室>

- C31 9:00-10:40 伝熱促進・制御 2
- C311 フィン付きL S I列の配置最適化手法の検討  
\*新 隆之(日立機械研)
- C312 フィン付き回転円筒の熱伝達機構  
小林 健一(明大理工), \*長坂 信幸(明大), 小田 金 大介
- C313 フィン付きくさび剥離面における熱伝達  
\*佐久間 宙之(日産自動車(株)), 梅津 博厚(芝浦工業大学院学), 平田 賢(芝浦工大)
- C314 渦発生体を有するフィン付き管群におけるフィンの局所熱伝達率測定  
\*宮崎 真一(横浜国大院学), 鳥居 薫(横浜国大院), 郭 勅旻, 西野 耕一
- C315 フィン付回転ドラムの熱伝達特性(熱伝達整理式の提案)  
\*吉田 敬介(九大), 田坂 誠均(住金総研), 岸根 申尚(住友金属), 松尾 真樹(九大学)
- C32 10:50-12:30 伝熱促進・制御 3
- C321 ダクト内バックステップ流れの熱伝達と制御  
\*中村 和哉(同志社学), 西村 路子, 岸 展之, 稲岡 恭二(同志社大)
- C322 傾斜リブを有する高アスペクト比流路の伝熱性能に及ぼすリブ高さの影響

- \*KIML Robert(東京農工大学), 望月 貞成, 村田 章(農工大)
- C323 高温加熱面の氷スラリーによる急速冷却  
\*小池 亨(北大院学), 池川 昌弘(北大院), 山田 雅彦, 川南 剛
- C324 液膜形成を伴わないミスト冷却に関する研究  
大久保 英敏(玉川大), 西尾 茂文(東大), \*田谷 哲志(玉川大院学), 芹澤 良洋(新日鉄)
- C325 平行平面衝突噴流群の励起による熱伝達制御  
野崎 篤志(慶大院学), \*片山 智章, 山本 和之, 菱田 公一(慶大院)
- C33 13:30-15:30 伝熱促進・制御 4
- C331 超低周波流れ場に置かれた平板上の対流熱伝達  
\*坂口 勝次(福山大), 森岡 誠(福山大院学)
- C332 高熱伝導性グラファイトシートを用いた宇宙用能動型吸放熱器の開発(第一報)  
\*長野 方星(慶大院), 大西 晃(宇宙研), 長坂 雄次(慶大理工)
- C333 CO<sub>2</sub>冷媒給湯機用熱交換器の開発  
\*沖ノ谷 剛((株)デンソー), 河地 典秀, 山本 憲((株)デンソー), 齋川 路之((財)電力中央研究所), 橋本 克巳, 小早川 智明((株)東京電力), 草刈 和俊, 長田 裕司((株)豊田中研)
- C334 流体の粘弾性を利用したキャピティ内伝熱促進法の開発  
\*鈴木 洋(神戸大院), 石破 博(神戸大学), 薄井 洋基(Kobe Univ.)
- C335 界面活性剤添加水溶液の熱交換器内での流動と熱伝達特性  
\*春木 直人(岡大工), 稲葉 英男, 堀部 明彦, 川合 正洋(岡大院学), 中田 達(東邦化学工業)
- C336 竜巻型旋回流の底面熱伝達特性  
\*鈴木 祐二(東工大院), 井上 剛良

## &lt;D室&gt;

- D31 9:00-10:40 蒸発器・凝縮器 1
- D311 冷却水スプレーによる高湿分排ガスからの水回収装置の開発  
\*沼田 祥平(日立 電開研), 横田 修, 幡宮 重雄
- D312 LiBr水溶液による水蒸気の鉛直平滑管内吸収  
\*山城 光(九大機能研), 高松 洋, 本田 博司, 中山 武(九大院)
- D313 マイクロチャネル式高密度蒸気発生器の研究  
\*田崎 豊(日産自動車), 宇高 義郎(横浜国大院), 後藤 隆治(日産自動車)
- D314 冷媒HFC134aの水平細管内沸騰熱伝達と圧力損失  
\*斎藤 静雄(東大工), 大宮司 啓文(東大新領域), 飛原 英治
- D315 自然冷媒CO<sub>2</sub>の微細管内沸騰伝熱特性  
\*青木 泰高(三菱重工), 谷口 雅巳, 渡辺 吉典
- D32 10:50-12:30 蒸発器・凝縮器 2
- D321 R123の螺旋溝付鋼管内蒸発熱伝達の実験  
\*桃木 悟(長崎大), 茂地 徹, 森 英夫(九大)
- D322 パルス管内の熱流動数値解析

- \*小清水 孝夫(九大院学), 久保田 裕巳(九大工), 高田 保之(九大), 伊藤 猛宏(九州大)
- D323 臨界点近傍における二酸化炭素冷媒の流動・伝熱  
\*富山 英樹(関大院学), 石原 勲(関大院), 松本 亮介(関大)
- D324 気泡・スラグ式吸収器内でのNH<sub>3</sub>/H<sub>2</sub>Oの局所吸収特性  
小山 繁(九大機能研), \*金 鉉永(九大院学), 松本 涉, ビデュット バラン シャハ(九州大),
- D325 0.5冷凍トン級シリカゲル/水蒸気系吸着ヒートポンプの作動特性  
\*上田 健(名古屋大学 学), 藤澤 亮(科学技術交流財団), 渡辺 藤雄(名大院), 小林 敬幸, 架谷 昌信
- D33 13:30-15:30 固体熱物性
- D331 断熱材の比熱に関する研究  
\*大村 高弘(ニチアス株), 坪井 幹憲, 富村 寿夫(九大 機能研)
- D332 固体中のフォノン伝搬のウェーブレット解析  
\*松本 充弘(京大院), 若林 英信, 牧野 俊郎
- D333 不織アルミニウム繊維層の有効熱伝導率特性  
\*菅原 征洋(秋田大), 吉木 祐也(サンリツ ハイブリッド株)
- D334 サーモグラフィを用いた熱物性値測定に関する研究(第2報 温度データのフィッティングによる値の改善)  
\*筒井 健太郎(東京高専)
- D335 ばね定数が不規則に存在する2次元格子系のフォノン解析  
\*児玉 勇司((株)計算力学研究センター), 前川 透(東洋大学)
- D336 ケイ酸ナトリウムの熱膨張特性  
\*大高 武士(都立大院学), 浅古 豊(都立大工)

## &lt;E室&gt;

- E31 9:00-10:40 超臨界と温度測定
- E311 超臨界圧流体の管内流熱伝達に及ぼす管径の影響  
\*山下 徹(九大院学), 吉田 駿(九大), 森 英夫, 大野 正規, 早野 正洋(九大院学), 小見田 秀雄(東芝), 西田 浩二(日立)
- E312 超臨界圧における熱伝達劣化の発生限界に関する検討  
\*森 英夫(九大), 吉田 駿, 大野 正規, 山下 徹(九大院学), 早野 正洋, 小見田 秀雄(東芝), 西田 浩二(日立)
- E313 超臨界二酸化炭素強制対流伝熱挙動の可視化計測(2); 速度分布計測手法の改善  
\*太田 順(東大院学), 桜井 克巳, 班目 春樹(東大院)
- E314 数値解析を併用した超音波CTによる3D温度場測定  
\*朱 寧(静岡理工科大), 加藤 征三(三重大), 蔣 勇(中国科学技術大)
- E315 気体の濃度, 温度, 速度の測定(平均濃度を測定するために試作したプローブについて)  
\*村松 旦典(日大理工)
- E32 10:50-12:30 核沸騰 1

- E321 FC72中の平板発熱体における過渡熱伝達  
\*大屋 正義(京大学院), 畑 幸一(京大工ネ理工研), 塩津 正博(京大)
- E322 プール核沸騰への気泡接触角の影響  
\*鴨志田 隼司(芝浦工大), 一色 尚次(東工大名誉教授)
- E323 三成分混合液の核沸騰(発生気泡の挙動)  
筒井 正幸(九大), \*藤田 恭伸
- E324 三成分混合液の核沸騰(熱伝達予測法の検討)  
\*筒井 正幸(九大), 藤田 恭伸
- E325 2成分混合媒体のプール沸騰における気泡の挙動と沸騰熱伝達(第2報)  
\*井上 利明(久留米工大), 門出 政則(佐賀大), 山川 恵美子(久留米工大学院)
- E33 13:30-15:50 核沸騰 2
- E331 サブクール沸騰における気泡の挙動  
\*趙 耀華(九州工業大学), 鶴田 隆治(九工大)
- E332 ネジ付きフィン伝熱面による飽和プール核沸騰熱伝達促進に関する研究  
中山 昭男(九州産大工), \*利光 良文(九州産大学院)
- E333 サブクール流動沸騰系における沸騰開始条件および正味蒸気発生条件に関する研究  
大竹 浩靖(工学院大), \*和田 訓佳(工学院大学院), 小泉 安郎(工学院大)
- E334 低圧条件下での細管内強制流動沸騰熱伝達に関する研究  
\*バデュゲ スミス(茨大院学), 神永 文人(茨大工), 松村 邦仁
- E335 単一キャピティからの発泡挙動  
\*安井 康二(東大院学), 庄司 正弘(東大工)
- E336 人工キャピティ面からの沸騰挙動  
\*横田 正憲(東大院学), 対馬 将示, 庄司 正弘(東大工)
- E337 人工キャピティ面からの沸騰における気泡核干渉に関する研究  
\*張 蕾(東大院学), 庄司 正弘(東大工)

<F室>

- F31 9:00-10:40 混相流のモデル化
- F311 鉛直液膜流の界面波構造と伝熱特性  
功刀 資彰(京大院), \*木野 千晶(京大院学), 芹澤 昭示(京大院)
- F312 液滴挙動モデルの液滴伝達係数への影響評価  
\*松浦 敬三(原燃工), 片岡 勲(阪大院), 芹澤 昭示(京大院)
- F313 二相系格子ボルツマン法によるせん断流中における液滴の変形・分裂シミュレーション  
稲室 隆二(京大院), \*冨田 隆治(京大院学), 荻野 文丸(京大院)
- F314 気泡上昇の分子動力学シミュレーション  
\*松浦 貴大(京大学院), 松本 充弘(京大院), 大口 晃司(京大学院)
- F315 臨界点に近いCO<sub>2</sub>の高速ミスト流に発生する衝撃波  
\*杉浦 崇之(豊橋技科大院学), 中川 勝文(豊橋技科大)

- F32 10:50-12:30 等温系二相流 1
- F321 垂直T字型分岐管における気液二相流の脈動特性  
渡辺 誠(東大工), \*汪 双鳳(東大院学), 庄司 正弘(東大工), 上田 敏之(東大工学)
- F322 混入微細粒子が鉛直管内気液二相スラグ流動に及ぼす影響(第3報, 粒子径の影響)  
\*南川 久人(滋賀県立大工), 山田 龍司(滋賀県立大工学), 高野 泰齊(滋賀県立大工)
- F323 微細気泡による大深度への酸素供給に関する基礎研究  
南川 久人(滋賀県立大工), \*山田 哲史(滋賀県立大学院), 池田 敬(滋賀県立大工学), 山下 重和(滋賀県東北部工業技術センター), 池田 庄治(株ポリテクノ・クリーン), 渡辺 浩三(株西日本技術コンサルタント), 中村 忠男(有)西村織布工場), 山本 孝(有)バイクリン)
- F324 シェブロン型プレート流路における垂直上昇気液二相流の流動特性  
\*塩見 洋一(龍谷大理工), 中西 重康, 上原 尚文(龍谷大学院)
- F325 気液二相流における気液流量の簡易推定法  
森 幸治(阪電通大), \*小野 哲正(阪電通大学), 西村 元一, 松田 元
- F33 13:30-14:50 等温系二相流 2
- F331 曲がり円管内環状二相流の液輸送機構  
\*渡辺 修(愛知工大), 新村 敏也(愛知工大学院)
- F332 断熱条件下の平滑管及び溝付管内におけるR134aのボイド率に関する研究  
\*李 柱東(九州大学大学院), 小山 繁(九大機能研), 陳 永昌(九州大学), 米本 龍一郎(九州大学大学院)
- F333 気液対向二相流における液膜流動構造と摩擦圧力勾配  
澤井 徹(近畿大), 加治 増夫, \*川上 剛(近畿大学院)
- F334 環状流におけるマイクロ液膜構造  
\*波津久 達也(東船大), 賞雅 寛而

<G室>

- G31 9:20-10:40 電子・情報技術 1
- G311 室外で日射にさらされた密閉自然空冷筐体内部の熱挙動に関する研究  
\*石塚 勝(富山県大), 彭 國義, 北村 陽児(富山県大院学), 山本 和明(富山県大学)
- G312 薄型自然空冷電子機器の筐体傾きによる煙突効果(側面を出入り口とした場合)  
\*北村 陽児(富山県大院学), 石塚 勝(富山県大), 彭 國義, 新村 亮一(富山県大学)
- G313 流体MEMSのためのポラスシリコンの撥水性評価  
\*高橋 厚史(九大院), 川田 浩二(九大学), 永山 邦仁(九大院), 高田 保之(九大), 浅野 種正(九工大)
- G314 移動体通信用パワー半導体モジュールの放熱設計  
\*大曾根 靖夫(日立製作所), 中里 典生, 根岸 幹夫, 梅本 康成

- G32 10:50-12:10 電子・情報技術 2  
\*早坂 厚(北大院学), 池川 昌弘(北大院), 山田 雅彦
- G321 急速沸騰を用いたマイクロアクチュエータにおける繰返し加熱の許容周波数  
\*金 政焄(横国大学院), 奥山 邦人(横国大・工), 飯田 嘉宏
- G322 基盤上熱源からの複合伝熱に関する研究  
\*吉野 英夫(富士通九州システムエンジニアリング), 張 興(九大機能研), 藤井 丕夫
- G323 蒸気泡駆動型マイクロポンプの動作特性  
\*関 健三郎(東工大院), 中別府 修
- G324 円筒型二次電池の充放電に及ぼす使用温度の影響  
\*小林 健一(明大理工), 小佐野 純平(明大学), 山崎 健太郎
- G33 13:30-15:30 物質伝達
- G331 アンモニア水溶液へのアンモニア蒸気の吸収過程における質量伝達と熱伝達  
\*イサ マームード(佐賀大学院), 門出 政則(佐賀大), 石田 賢治
- G332 レーザ吸収法pH測定による気体の液体に対する溶解過程の計測  
\*森 茂之(慶大院学), 川口 達也(慶大院), 菱田 公一, 前田 昌信
- G333 セラミック成形体のマイクロ波乾燥特性  
内山 茂(名大院学), \*板谷 義紀(名大院), \*森 滋勝
- G334 水分の吸・脱着を伴う繊維状材料の伝熱に関する研究  
\*平澤 良男(富山大工), 竹越 栄俊, 山田 睦(碧南市役所)
- G335 下向き面を用いた水蒸気吸収促進に及ぼす吸収伝熱面長さの影響  
\*姫野 修廣(信州大織), 日向 滋, 荻野 大蔵(信州大院)
- G336 除熱型熱交換器を用いたデシカント空調での効果とそのプロセス検討  
\*小森 晃(株式会社神戸製鋼所), 竹内 勝彦, 柿本 敦, 東 康夫, 山田 伸夫(三菱化学エンジニアリング株式会社)
- <H室>
- H31 9:00-10:40 充填層・流動層
- H311 非等方多孔質構造体内熱流動のモデリング  
桑原 不二朗(静大), 本山 英明, \*梅本 貴宏(静大院), 中山 顕(静大)
- H312 マイクロ波加熱を用いた成層粒子層の乾燥  
青木 和夫(長岡技科大), 赤堀 匡俊, \*三河 崇志(長岡技科大院), パドゥンサック ラタナ, デチョ 太嶋 健司
- H313 チャネル側壁の多孔質を透過する流体のLBM解析  
\*盛山 浩司(東工大院学), 平井 秀一郎(東工大炭素循環セ), 津島 将司
- H314 LBMによる多孔質内乱流の直接数値シミュレーション  
\*島田 聡彦(東工大院学), 平井 秀一郎(東工大炭素循環セ)
- H315 低密度差固液流動層の熱流動解析
- H32 10:50-12:30 多孔質層 1
- H321 感温スクリーンによる断熱層内熱対流の制御に関する研究  
\*谷川 洋文(九工大), 増岡 隆士(九大)
- H322 多孔質内強制対流のカオス挙動  
\*下見 雅也(九大院学), 増岡 隆士(九大), 高津 康幸(広国学大)
- H323 非等方多孔質内熱対流の非線形不安定  
\*柿本 益志(九大), Pradeep G SIDDHESHWAR, 増岡 隆士
- H324 オープンセル状多孔体の熱伝達整理式  
\*上宇都 幸一(大分大), サン サン イー(大分大院学)
- H325 多孔質循環ループ内の自然対流に関する実験研究  
\*姜 玉雁(東大院学), 石川 桂(東大工学部), 庄司 正弘(東大工)
- H33 13:30-14:50 多孔質層 2
- H331 多孔質体の乾燥過程における含水率分布  
谷川 洋文(九工大), \*熊本 喜大(九工大院学), 鶴田 隆治(九工大工)
- H332 金属多孔質体による超高負荷除熱特性  
中西 義一(ファナック), \*結城 和久(東北大学), 戸田 三朗
- H333 多孔質体と固体壁の界面近傍における熱移動現象に関する熱連成解析  
\*小田 豊(京大院学), 岩井 裕(京大院), 鈴木 健二郎
- H334 多孔質体における高密度熱流に対向する気液二相熱流動解析  
\*安部井 淳(東北大学院), 高橋 昌伸(富士総合研究所), 結城 和久(東北大学), 戸田 三朗
- <I室>
- I31 9:00-10:40 自然エネルギー等利用システム 1
- I311 真空式太陽熱蒸留器開発のための減圧蒸留現象に関する基礎実験  
\*山口 雄一(慶大院学), 佐藤 春樹(慶大理工)
- I312 空気加熱式太陽光集熱器を熱源とする岩床式固体蓄熱槽に関する研究  
\*河原 大樹(室蘭工大), 杉澤 展史, 樺山 和宏, 松永 威男, 鈴木 淳, 岸浪 紘機
- I313 ソーラー支援寒冷地向け省エネ型家庭用生ゴミ堆肥化装置に関する研究  
\*三木 康臣(北見工大)
- I314 3次元CPC型スカイラジエータ/ソーラーコレクタに関する研究  
齋藤 武雄(東北大院), \*高橋 純(東北大・工研)
- I315 高温潜熱アキュムレータを用いたソーラーランキンサイクルシステム  
\*星 朗(東北大・工研), 齋藤 武雄(東北大院)
- I32 10:50-12:30 自然エネルギー等利用システム 2
- I321 低温部温度変化による熱電素子の最適設計

- \*久保 雅崇(名大高温工ネ学), 篠田 昌久(名大院学), 古畑 朋彦(名大高温工ネ), 新井 紀男
- I322 地下水を用いた放熱管融雪システムの数値シミュレーション - 配水法の影響 -  
\*竹内 正紀(福井大工), 永井 二郎, 宮本 重信(福井県)
- I323 アルカリ水電解モデルの検討 (発生気泡の影響)  
\*中尾 元英(福井大学院学), 永井 二郎(福井大工), 竹内 正紀
- I324 ランチャー井戸熱流動実験  
\*後藤 修(山形大学院学), 横山 孝男(山形大), 渡邊 洋, 安彦 宏人(日本地下水開発株式会社), 土屋 睦(日本環境科学株式会社)
- I325 植物による温度降下の効果に関する研究  
\*橋本 博文(筑波大), 生沼 浄士(筑波大学),
- I33 13:30-15:30 自然エネルギー等利用システム 3
- I331 海難救命用太陽熱海水淡水化器具の提案  
\*福井 克人(琉球大学・院学), 野底 武浩(琉球大学・工), 田中 大(久留米高専), 長田 孝志(琉球大  
学・工)
- I332 集熱パネルと組み合わせた平行平板構造多重効用型太陽熱海水淡水化蒸留器に関する研究  
\*田中 大(久留米高専), 平瀬 国男
- I333 同軸型熱交換器の熱抽出特性に関する研究  
田子 真(秋大工資), 盛田 耕二(産総研), 菅原 征洋(秋田大), 藤田 忠,\*清水 正彦(秋大学院学), 岩指 匠(秋大工資学)
- I334 低圧蒸気洗浄  
\*堀木 幸代(東船大), 刑部 真弘
- I335 塩化カルシウム水和反応を利用した多目的ケミカルヒートポンプの開発 - 駆動反応機構 -  
\*藤岡 恵子(株式会社シンセイ冷却水システム), 芳野 裕行(阪大学院学), 山根 雄介, 平田 雄志(阪大院)
- I336 化学反応を伴う液相混合層中での温度成層効果  
\*大西 領(京大学院学), 長田 孝二(京大工), 小森 悟



お 知 ら せ

---





「伝熱」会告の書き方

## 事務局からの連絡

## 1. 学会案内と入会手続きについて

## 【目的】

本会は、伝熱に関する学理技術の進展と知識の普及、会員相互及び国際的な交流を図ることを目的としています。

## 【会計年度】

会計年度は、毎年4月1日に始まり翌年3月31日までです。

## 【会員の種別と会費】

会員種	資格	会費(年額)
正会員	伝熱に関する学識経験を有する者で、本会の目的に賛同して入会した個人	8,000円
賛助会員	本会の目的に賛同し、本会の事業を援助する法人またはその事業所、あるいは個人	1口 30,000円
学生会員	高専、短大、大学の学部および大学院に在学中の学生で、本会の目的に賛同して入会した個人	4,000円
名誉会員	本会に特に功労のあった者で、総会において推薦された者	8,000円 但し、70才以上は0円
推薦会員	本会の発展に寄与することが期待できる者で、当該年度の総会において推薦された者	0円

## 【会員の特典】

会員は本会の活動に参加でき、次の特典があります。

- 「伝熱」「THERMAL SCIENCE AND ENGINEERING」を郵送します。  
(本年度発行予定：5, 7, 9, 11, 1, 3月号)  
・正会員、学生会員、名誉会員、推薦会員に1冊送付  
・賛助会員に口数分の冊数送付

- 「日本伝熱シンポジウム講演論文集」を無料でさしあげます。

- ・正・学生・名誉・推薦の各会員に1部、賛助会員に口数分の部数(但し、伝熱シンポジウム開催の前年度の3月25日までに前年度分までの会費を納入した会員に限る)

## 【入会手続き】

正会員または学生会員への入会の際は、入会申込用紙にご記入の上、事務局宛にファックスまたは郵送で送り、郵便振替にて当該年度会費をお支払い下さい。賛助会員への入会の際は、入会申込用紙にご記入の上、事務局宛にファックスまたは郵送でお送り下さい。必要があれば本会の内容、会則、入会手続き等についてご説明します。賛助会員への申込みは何口でも可能です。

## (注意)

- ・申込用紙には氏名を明瞭に記入し、難読文字にはJISコードのご指示をお願いします。
- ・会費納入時の郵便振替用紙には、会員名(必要に応じてフリガナを付す)を必ず記入して下さい。会社名のみ記載の場合、入金の手配ができず、会費未納のままとなります。
- ・学生会員への入会申込においては、指導教官による在学証明(署名・捺印)が必要です。

## 2. 会員の方々へ

## 【会員増加と賛助会員口数増加のお願い】

個人会員と賛助会員の増加が検討されています。会員の皆様におかれましても、できる限り周囲の関連の方々や団体に入会をお誘い下さるようお願いいたします。また、賛助会員への入会申込み受付におきまして、A(3口)、B(2口)、C(1口)と分けております。現賛助会員におかれましても、できる限り口数の増加をお願いいたします。

## 【会費納入について】

会費は当該年度内に納入してください。請求書はお申し出のない限り特に発行しません。会費納入状況は事務局にお問い合わせ下さい。会費納入には折込みの郵便振替用紙をご利用下さい。その他の送金方法で手数料が必要な場合には、送金者側の負担にてお願い致します。フリガナ名の検索によって入金の手務処理を行っておりますので会社名のみで会員名の記載がない場合には未納扱いになります。

【変更届について】

(勤務先、住所、通信先等の変更)

勤務先、住所、通信先等に変更が生じた場合には、巻末の「変更届用紙」にて速やかに事務局へお知らせ下さい。通信先の変更届がない場合には、郵送物が会員に確実に届かず、あるいは宛名不明により以降の郵送が継続できなくなります。また、再発送が可能な場合にもその費用をご負担頂くこととなります。

(賛助会員の代表者変更)

賛助会員の場合には、必要に応じて代表者を変更できます。

(学生会員から正会員への変更)

学生会員が社会人になられた場合には、会費が変わりますので正会員への変更届を速やかにご提出下さい。このことにつきましては、指導教官の方々からご指導をお願いします。

(変更届提出上の注意)

会員データを変更する際の誤りを防ぐため、変更届は必ず書面にて会員自身もしくは代理と認められる方がご提出下さるようお願いいたします。

【退会届について】

退会を希望される方は、退会日付けを記した書面にて退会届(郵便振替用紙に記載可)を提出し、未納会費を納入して下さい。会員登録を抹消します。

【会費を長期滞納されている方へ】

長期間、会費を滞納されている会員の方々は、至急納入をお願いします。特に、平成12年度以降の会費未納の方には「伝熱」「THERMAL SCIENCE AND ENGINEERING」の送付を停止しており、近く退会処分が理事会で決定されます。

3. 事務局について

次の業務を下記の事務局で行っております。

事務局

《業務内容》

- )入会届、変更届、退会届の受付
- )会費納入の受付、会費徴収等
- )会員、非会員からの問い合わせに対する応対、連絡等
- )伝熱シンポジウム終了後の「講演論文集」の注文受付、新入会員への学会誌「伝熱」、論文集「THERMAL SCIENCE AND ENGINEERING」発送、その他刊行物の発送
- )その他必要な業務

《所在地》

〒113-0034 東京都文京区湯島2-16-16  
社団法人 日本伝熱学会  
TEL, FAX: 03-5689-3401  
E-MAIL: [htsj@asahi-net.email.ne.jp](mailto:htsj@asahi-net.email.ne.jp)  
HP: <http://www.htsj.or.jp>

(土日、祝祭日を除く、午前10時～午後5時)

(注意)

1. 事務局への連絡、お問い合わせには、電話によらずできるだけ郵便振替用紙の通信欄やファックス等の書面にてお願いします。
2. 学会事務の統括と上記以外の事務は、下記にて行なっております。

〒184-8588 東京都小金井市中町2-24-46  
東京農工大学工学部機械システム工学科  
望月 貞成  
TEL:042-388-7088 FAX:042-388-7088  
E-Mail: [motizuki@cc.tuat.ac.jp](mailto:motizuki@cc.tuat.ac.jp)

新入会員 (2001.12.1-2002.3.28) 15名

資格	氏名	勤務先	資格	氏名	勤務先
正	矢嵐 健史	石川島播磨重工業(株)機械・プラント開発センター	学生	李 柱東	九州大学 大学院総合理工学府
正	大原 順一	沼津工業高等専門学校	学生	藤田 雅昭	金沢大学 大学院自然科学研究科
正	長谷川雅人	金沢大学 工学部	学生	金 鉉永	九州大学 総合理工学研究科
正	中澤 武	神戸商船大学 商船学部	学生	植木健太郎	名古屋工業大学 機械工学科
正	矢野 隆	コンピュータソフト開発(株)	学生	大場 孝浩	慶應義塾大学 理工学部
正	小森 晃	神戸製鋼所 技術開発本部	学生	武山 誠	東北大学 大学院工学研究科
			学生	梶谷 剛	名古屋工業大学
			学生	澤田 尚志	青山学院大学 理工学研究科
			学生	久保 英士	名古屋工業大学

寄付会費 (2001.11.28-2002.3.25) 17名 32,000円

資格	氏名	勤務先	資格	氏名	勤務先
正	稲田 孝明	産業技術総合研究所	正	野村 雅宣	
正	久野 勝美 (株)東芝	機械システム研究所	正	森 康彦	慶應義塾大学理工学部
正	亀井 秀也	福島工業高等専門学校	正	長内 敏雄	運輸省船舶技術研究所
正	藤田 恭伸	九州大学 大学院工学研究科	名誉	藤本 哲夫	名城大学
正	森田 昭生	三菱重工業(株)	正	内藤 正則 (財)原子力発電技術機構	
正	武石賢一郎	三菱重工業(株)高砂研究所	正	桃瀬 一成	大阪大学
正	山岸 英明	釧路工業高等専門学校	正	庄司 幸嗣	東北学院大学
正	鍋本 暁秀	広島国際学院大学	正	山田 昇	東北大学
正	小山 繁	九州大学 機能物質科学研究所			

会員訃報

笹口 健吾 先生  
熊本大学工学部

亡くなられた日：平成14年2月1日  
ご遺族：笹口 美恵子様(奥様)  
ご住所：〒860-0084  
熊本市山室1丁目5-9

新井 紀男 先生

名古屋大学高温エネルギー変換研究センター

亡くなられた日：平成14年3月14日  
ご遺族：新井 聡様(ご長男)  
ご住所：〒486-0945  
愛知県春日井市勝川町4-99

日本伝熱学会正会員・学生会員入会申込み・変更届用紙

日本伝熱学会 賛助会員新規入会申込み届け用紙

---

広告

Leading Edge the Thermal Technology



## 編集後記

桜前線の北上が温暖化の影響でしょうか、例年になくスピードアップしており、ワールドカップとともに伝熱シンポジウムの開催まで2ヶ月余となりました。40周年記念号シリーズ(その2)の3年号は牧野・岩城委員の担当で、発行することができました。原稿執筆いただきました方々に厚くお礼申し上げます。

本誌への原稿の投稿、また、本誌に対するご意見・ご要望など、お近くの下記委員ないしは編集出版事務局までお寄せください。

---

### 第40期編集出版部会委員

副会長	河村 洋	東京理科大学
部会長	瀧本 昭	金沢大学
委員		
(理事)	山田雅彦	北海道大学
	花村克悟	岐阜大学
	岩城敏博	富山大学
	牧野俊郎	京都大学
	西村龍夫	山口大学
(監事)	太田照和	東北大学
(評議員)	塚田隆夫	東北大学
	井上剛良	東京工業大学
	一宮浩市	山梨大学
	鈴木 洋	神戸大学
	高田保之	九州大学
(事務)	大西 元	金沢大学
TSE チーフエディター		
	西尾茂文	東京大学
TSE 出版担当		
	永井二郎	福井大学

平成 14 年 3 月 25 日

編集出版事務局：〒920-8667 金沢市小立野 2-40-20  
金沢大学工学部人間・機械工学科  
瀧本 昭 / 大西 元  
Tel: 076-234-4741 / -4742  
Fax: 076-234-4743  
e-mail: [takimoto@t.kanazawa-u.ac.jp](mailto:takimoto@t.kanazawa-u.ac.jp)

## 複写される方に

本誌に掲載された著作物を複写したい方は、日本複写権センターと包括複写許諾契約を締結されている企業の従業員以外は、著作権者から複写権等の委託を受けている次の団体から許諾を受けて下さい。なお、著作物の転載・翻訳のような複写以外許諾は、直接本会へご連絡下さい。

〒107-0052 東京都港区赤坂 9-6-41 乃木坂ビル 3F  
学術著作権協会 (Tel / Fax : 03-3475-5618)

アメリカ合衆国における複写については、次に連絡して下さい。

Copyright Clearance Center, Inc.(CCC)  
222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923 USA  
Phone : +1-978-750-8400 Fax : +1-978-750-4744

### Notice about photocopying

In order to photocopy any work from this publication, you or your organization must obtain permission from the following organization which has been delegated for copyright for clearance by the copyright owner of this publication.

Except in the USA

The Copyright Council of the Academic Societies (CCAS)  
41-6 Akasaka 9-chome, Minato-ku, Tokyo 107-0052 Japan  
Phone / Fax : +81-3-3475-5618

In the USA

Copyright Clearance Center, Inc. (CCC)  
222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923 USA  
Phone : +1-978-750-8400 Fax : +1-978-750-4744

## 伝 熱

ISSN 1344-8692

Journal of The Heat Transfer Society of Japan  
Vol. 41, No. 167

2002 年 3 月発行

発行所 社団法人 日本伝熱学会  
〒113-0034 東京都文京区湯島 2-16-16  
電話 03(5689)3401  
Fax. 03(5689)3401  
郵便振替 00160-4-14749

Published by

The Heat Transfer Society of Japan  
16-16, Yushima 2-chome, Bunkyo-ku,  
Tokyo 113-0034, Japan  
Phone / Fax : +81-3-5689-3401