

日本伝熱学会
創立50周年記念特別号

伝 熱

Journal of the Heat Transfer Society of Japan

ISSN 1344-8692 Vol. 50, No. 212
2011.7

HSTJ

◆特集：創立50周年を迎えて

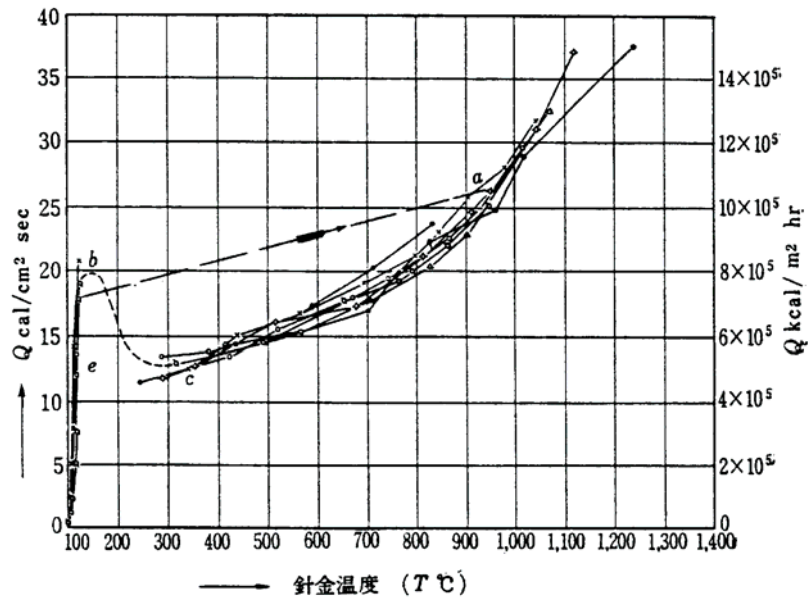


図 1.14 $d=0.14\text{mm}$ の白金線による Q_{\min} 以上の部分の測定結果

金属面と沸騰水との間の伝達熱の極大値並に極小値決定の実験

(昭和4年4月3日 第6期定時總會講演會及昭和8年11月25日仙臺地方講演會に於て講演)

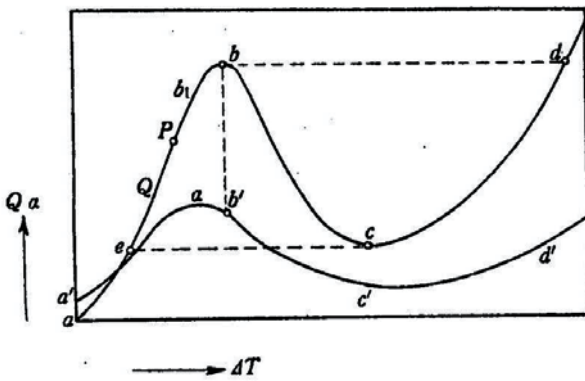
正員 工学博士 拔山 四郎

The Maximum and Minimum Values of the Heat Q Transmitted from Metal to Boiling Water under Atmospheric Pressure

By Shiro NUKIYAMA, *Kogakuhakusi, Member*

摘 要

金属固体面より沸騰水に傳わる熱量 Q はそれ等の間の温度差 ΔT が増加するに従つて漸次増加するが、或點に達すると ΔT をこれ以上増せば Q はかえつて減少する様になる。此點が表題に示すに云ふ傳達熱の極大値であつて本文に於ては實驗的に此の如き點の存在を證明し、1 気圧のもとでは此點に相當する ΔT は水温 100°C に於て 20°C 乃至 40°C に過ぎず、また此場合の Q は 30 乃至 $50 \text{ cal/cm}^2 \text{ sec}$ 即ち $1,080,000$ 乃至 $1,800,000 \text{ kcal/m}^2 \text{ hr}$ に達し之を 100°C に於ける等値蒸發率で表はせば $2,000$ 乃至 $3,000 \text{ kg/m}^2 \text{ hr}$ であつて從來考へられて居つた Q の最大値より桁違ひに大なる事を示した。又極大値に對應して必ず存在する Q の極小値 (最小値に非ず) も求め且つ此等 ΔT と Q との高温部に於ける關係曲線が金属の焼入れ効果に關係ある事を述べた。



第 2 圖

昭和9年6月に発行された機械學會誌 (Vol.37, No.206 (1934), pp.367-374, 第2図, 14図.) より轉載. 日本の伝熱研究の出発点ともいえる拔山曲線は、図 1.14 に示す測定結果を基に、結論の中で第2図に示すような模式図を用いて説明されている。当時の論文が“1. 結論”から始まっている構成も興味深い。(字体も可能な限り忠実に再現しました。)

花村 克悟 (東京工業大学)

Katsunori HANAMURA (Tokyo Institute of Technology)

伝 熱

目 次

〈新旧会長挨拶〉

- 第 50 期会長就任にあたって……………第 50 期会長 笠木 伸英 (東京大学) …… 1
 第 49 期を振り返って……………第 49 期会長 林 勇二郎 ((独)国立高等専門学校機構) …… 3

〈第 23 回日本伝熱学会賞〉

- 平成 22 年度日本伝熱学会賞選考の報告
 ……………表彰選考委員会委員長 小澤 守 (関西大学) …… 4
- 日本伝熱学会学術賞を受賞して
 ……………角田 直人 (九州大学), 近藤 克哉 (鳥取大学), 尾崎 敦之 (九州大学)
 有本 英伸 (産業技術総合研究所), 山田 幸生 (電気通信大学) …… 5
- 日本伝熱学会学術賞を受賞して……………韓 栄培 (東京大学), 鹿園 直毅 (東京大学) …… 6
- 日本伝熱学会技術賞を受賞して……………加賀 邦彦, 古藤 悟 (三菱電機(株))
 大串 哲朗 (広島国際大学), 吉田 英生 (京都大学) …… 7
- 日本伝熱学会奨励賞を受賞して……………一柳 満久 (上智大学) …… 8
- 日本伝熱学会奨励賞を受賞して……………田口 良広 (慶応義塾大学) …… 9
- 日本伝熱学会奨励賞を受賞して……………宮田 一司 (東北大学) …… 10
- 2011 年度 優秀プレゼンテーション賞 受賞者 — 第 48 回日本伝熱シンポジウム —
 ……………学生会委員会幹事 巽 和也 (京都大学) …… 11
- 平成 23 年度科学技術分野の文部科学大臣表彰
 ……………表彰選考委員会委員長 小澤 守 (関西大学) …… 12

〈第 48 回日本伝熱シンポジウム〉

- 第 48 回日本伝熱シンポジウムの報告……………稲葉 英男 (津山高専)
 堀部 明彦, 春木 直人 (岡山大学), 野津 滋, 島崎 泰弘 (岡山県立大学)
 小澤 守 (関西大学), 巽 和也 (京都大学) …… 14

〈特集 : 創立 50 周年を迎えて〉

- 伝熱学会 50 年 : 回顧と展望……………中山 恒 (名誉会員) …… 22
- 日本伝熱シンポジウムの変遷とその展開……………稲葉 英男 (津山工業高等専門学校) …… 31

〈エデュケーションQ〉

- ウェルナー・ハイゼンベルク(1901~1976)の功績……………村上 陽一 (東京工業大学) …… 36

〈プロジェクトQ〉

最新の電気自動車の技術	清水 浩 (慶応義塾大学)	46
-------------	---------------	----

〈国際活動・会議報告〉

第8回日米熱工学合同会議報告	佐藤 勲 (東京工業大学)	52
----------------	---------------	----

九州伝熱セミナー in 武雄 報告

有馬 博史 (佐賀大学海洋エネルギー研究センター)	55
---------------------------	----

〈巻頭グラビア〉

金属面と沸騰水との間の伝達熱の極大値並に極小値決定の実験 (抜山 四郎)

花村 克悟 (東京工業大学)	表紙裏
----------------	-----

〈行事カレンダー〉	57
-----------	----

〈お知らせ〉

社団法人日本伝熱学会第49期(平成22年度)総会議事録	59
-----------------------------	----

(社)日本伝熱学会創立50周年記念講演会と記念式典のお知らせ	62
--------------------------------	----

日本伝熱学会 関西支部 主催 第12回関西伝熱セミナー2011	63
---------------------------------	----

編集出版部会からのお知らせ	65
---------------	----

編集出版部会ノート	69
-----------	----

CONTENTS

<New and Former Presidents' Address>

Inauguration Address as the 50th President

Nobuhide KASAGI (The University of Tokyo) 1

Address as the ex-President

Yujiro HAYASHI (Institute of National College of Technology) 3

<The 23rd Heat Transfer Society Awards>

On Selection of Awards of the Heat Transfer Society of Japan, 2010

Mamoru OZAWA (Kansai University) 4

Scientific Contribution Award of the Heat Transfer Society of Japan

Naoto KAKUTA¹, Katsuya KONDO², Atsushi OZAKI³,

Hidenobu ARIMOTO⁴, Yukio YAMADA⁵

(1,3 Kyushu University, 2 Tottori University, 4 The National Institute of

Advanced Industrial Science and Technology, 5 University of Electro-Communications) 5

Scientific Contribution Award of the Heat Transfer Society of Japan

Youngbae HAN¹, Naoki SHIKAZONO² (1,2 The University of Tokyo) 6

On Receiving Heat Transfer Society Award for Technical Achievement

Kunihiko KAGA¹, Satoru KOTOH², Tetsuro OGUSHI³, Hideo YOSHIDA⁴

(1,2 Mitsubishi Electric Co.,3 Hiroshima International University, 4 Kyoto University) 7

Young Researcher Award of the Heat Transfer Society of Japan

Mitsuhisa ICHIYANAGI (Sophia University) 8

Young Researcher Award of the Heat Transfer Society of Japan

Yoshihiro TAGUCHI (Keio University) 9

Young Researcher Award of the Heat Transfer Society of Japan

Kazushi MIYATA (Tohoku University) 10

Best Presentation Awards

Kazuya TATSUMI (Kyoto University) 11

The Commendation for Science and Technology by the Ministry of Education, Culture,

Sports, Science and Technology 2011

Mamoru OZAWA (Kansai University) 12

<The 48th National Heat Transfer Symposium of Japan>

Report on the 48th National Heat Transfer Symposium of Japan

Hideo INABA¹, Akihiko HORIBE², Naoto HARUKI², Shigeru NOZU³,

Yasuhiro SHIMAZAKI³, Mamoru OZAWA⁴, Kazuya TATSUMI⁵

(1 Tsuyama National College of Tech., 2 Okayama Univ., 3 Okayama Pref. Univ.,

4 Kansai Univ., 5 Kyoto Univ.) 14

<Special Issue>

The Heat Transfer Society of Japan, the Fiftieth Anniversary: Retrospect and Prospect

Wataru NAKAYAMA (Honorary Member) 22

The Change and Development of National Heat Transfer Symposium of Japan

Hideo INABA (Tsuyama National College of Technology) 31

<Education Q>

A meritorious deed of Werner Heisenberg (1901-1976)

Yoichi MURAKAMI (Tokyo Institute of Technology) 36

<Project Q>

Technology of Electric Vehicles Today

Hiroshi SHIMIZU (Keio University) 46

<Report on International Conference>

Report on the 2011 ASME-JSME Thermal Engineering Joint Conference

Isao SATO (Tokyo Institute of Technology) 52

Report on Kyushu Heat Transfer Seminar in TAKEO

Hirofumi ARIMA (Institute of Ocean Energy, Saga University) 55

<Opening-page Gravure:heat-page>

The Maximum and Minimum Values of the Heat Q Transmitted from Metal to Boiling Water under

Atmospheric Pressure (Shiro NUKIYAMA)

Katsunori HANAMURA (Tokyo Institute of Technology) Opening Page

<Calendar> 57

<Announcements> 59

<Note from the Editorial Board> 69

第 50 期会長就任にあたって
Inauguration Address as the 50th President



笠木 伸英 (東京大学)

Nobuhide KASAGI (The University of Tokyo)

この度、第 50 期という、日本伝熱学会の節目の年に会長を務めることになり、重責を感じると共に、長きに亘り研究者としての研鑽の場を与えていただいた本学会へ恩返しのつもりで非力を尽くしたいと思っております。

本学会の前身である日本伝熱研究会が、当時黎明期にあった伝熱学分野のフロンティアらによって、国内外の学术交流を目的に組織化されたのが昭和 36 年 11 月と記録にあります。我が国が、高度成長期から、オイルショックを経て世界の省エネルギー型の国家を築いて今日に至るまで、伝熱学、伝熱技術の発展を支え、優れた人材を育て、世界の研究者との交流に果たしてきた本学会の役割は極めて大きく、学会を設立された先輩諸氏の先見性とご尽力に心から敬意を表する次第です。

個人的には、昭和 48 年第 10 回日本伝熱シンポジウムに参加させていただき、世代を越えて、厳しく、本質を突いた質疑が成されるセッションを目の辺りにして、新鮮な感動を覚えたことを記憶しております。そうした伝熱研究会独特の、オープンで徹底した議論を伝統としつつ、その後、日本伝熱学会として法人化され、さらには今年度、改めて新公益法人として生まれ変わろうとしています。50 周年を期に、会員諸兄の英知をもって、改めて学会の方向性を見極めるべきターニングポイントに至ったと感じております。

1990 年代以降、科学と社会の関係が大きく変容してきたと言われます。例えば、1999 年の ICSU の宣言にあるように、科学が、「知識のための科学」であるだけでなく、平和、発展に貢献し、さらには「社会にあり、社会のための科学」であるべきことが認識されるようになりました。我が国の科学技術行政の基本方針でもある科学技術基本計画でも、「課題解決型の研究開発」という概念が強く打ち出されるようになってきました。つまり、

基礎研究といえども、研究課題と社会の関係を常に考え続けることが、研究者に対する要請となったと言えます。

一方、研究の中立公正性や研究者の強い研究動機は、研究課題が他者から強制されるものではなく、研究者自らが設定するものであってこそ担保されるものです。従って、社会の期待に応える課題設定を、研究者自身が行う必要性が生まれてきたと言えます。伝熱学は、これまでエネルギー分野をはじめとして多くの産業と生活基盤を支える技術開発に貢献してきましたが、改めて未来の社会像を描き、社会の期待が何かを分析、同定し、科学技術の推進によって課題解決に貢献することが求められていると言えます。世界は 10 年後に 80 億人の人口を抱える事になりますが、その間発展途上国は量的拡大と質的向上を進め、我が国は 65 歳以上が 3 割に達する少子高齢化社会を迎えます。そのような中で、世界の人々と共生する持続性社会を作り、我々の次の世代にいかにしてバトンタッチできるか、そうした観点から課題発見に取り組む必要があるのではないかと思います。

去る 3 月 11 日の大地震によって、我が国は未曾有の広域被害を受け、なお継続する原発事故に直面しています。この複合災害の犠牲者を悼み、被災者の過酷な苦難に心を寄せたいと思います。被災地を含め、我が国の復興再生は我々ひとりひとりにとって共通の課題になったことを痛感します。事故対策には伝熱学、伝熱技術の活用場面も多くあり、また中長期的な日本のエネルギー需給計画に対して提案をする機会でもあります。さらに、大震災は、戦後日本の歩みをふり返り、改めて日本の未来を描き、発展の途を探ることを余儀なくしました。本学会会員の役割は、極めて大きいものと思います。我々自らが行動する決意を持って、成すべきことを提案することが必要です。

グローバル化が進展する中、本学会の国際活動も益々重要性が増してきました。特に、International Centre for Heat and Mass Transfer と国際伝熱会議は、伝熱学・熱科学分野の各国の学術活動の情報交換、交流、連携を支援すると共に、科学世界において研究コミュニティのステータスを支えています。これらの組織において、本学会は、日本機械学会、化学工学会と共に中核的な機関メンバーとなっており、本学会会員の継続的なご尽力によって我が国のプレゼンスが保たれております。現在、二つの組織のミッションの見直しや連携の検討が進められており、本学会もその行方を注視して適時意見を発していく必要があります。

さて、冒頭に述べましたように本学会は 50 周年を迎えました。これまでの歩みをふり返り、新しい時代に相応しい学会への道を探るため、50 周年記念事業が企画・実施されることになっております。本年岡山での伝熱シンポジウムで中山恒先生の記念講演があり、一連の記念行事のスタートが切られました。創立 50 周年記念式典と記念パ

ーティは、来る 11 月 26 日に東京で開催されます。そして来年の富山での伝熱シンポジウムでは、記念パネルセッションが企画されています。各支部においても、記念のセミナーや研究集会が開催されます。学会誌では記念特集が生まれ、また過去の伝熱シンポジウム論文集の電子化、そして熱ペディアの企画も進みます。そして本学会が初めて国際賞として創設する“The Nukiyama Memorial Award”の諸準備も整い、2012 年の第 1 回の贈賞に向けて国際賞委員会が動き出しました。学会が共催する二つの国際会議も記念事業の一環です。会員諸兄の積極的なご参加をお願いしたいと思います。

以上のように、今年度の学会の事業は、多様かつ将来の学会活動を設計する上で重要なものばかりです。理事会メンバー、事務局のお力を借りて、迅速で実りある学会運営を目指していきたいと考えておりますが、そのためには、会員諸兄のご理解とご協力が不可欠です。皆様おひとりおひとりが主役です。是非よろしく願い申し上げます。

第 49 期を振り返って
Address as the ex-President



林 勇二郎 ((独)国立高等専門学校機構)
Yujiro HAYASHI (Institute of National College of Technology)

退任にあたりご挨拶を申し上げます。日本伝熱学会は、昭和 36 年に伝熱研究会としてスタートし今期で 50 周年を迎えます。長野前会長から第 49 期に申し送られた主要な業務は、その準備をすること、また同時に新法人化を具体にすることであり、これらについて粛々と進めてまいりました。

そして 3 月 11 日に東日本大震災および津波、それに伴う福島第一原子力発電所の事故が発生しました。多くの人命と社会資産が奪われ、国土やエネルギーの基盤に壊滅的な打撃を被った東北地方の復興・復旧は、国が総力を結集しなければならない最優先課題です。そしてまた、これを契機に国も地方も、企業等の組織団体から国民の一人ひとりまでが国の将来について考え、それに向けた行動が問われていると言えましょう。

伝熱学会は、会誌 *Thermal Science and Engineering* の名のとおり、熱科学と熱技術にかかわる研究を進め、その情報を発信することで学術研究および産業技術の発展に貢献してまいりました。しかしその一方で、地球の持続可能性にかかわる人間社会と自然との不調和を生み出してきた一面があったことは否定できません。学術を預かる学会であるからこそ、社会に対する責任が問われましょうし、この度の震災はそのことへの強いメッセージであったように思えます。すなわち、50 周年記念の準備は、社会的責任のある学会として組織形態を整え、次なる 50 年に向けてそのための学術研究を展開することであり、記念式典は来し方を振り返りつつも、これらの方向性を打ち出す場であると言えましょう。

新法人化については、原村検討委員会委員長のもとで精力的に準備が進めてこられました。昨年の札幌での総会では、手続き等の面で一般社団法人の線を打ち出していましたが、その後、本来あるべき公益社団法人の方向に切り替え、定款の改定などを総会で承認いただいたところです。

50 周年記念事業については、今回の 48 回日本伝熱シンポジウム(岡山)から 49 回(富山)の一

年間に記念事業期間とし、10 月 23 日に予定される記念式典、国際会議、支部セミナー等の開催から出版事業等の準備が、国際賞の設置を含めて、笠木実行委員会委員長のもとで鋭意進められているところです。

次なる 50 年に向けた伝熱学会のあり方については、新たに設置した学会将来構想検討委員会で議論されることになりましょう。大震災のメッセージ、とりわけ炉心溶融につながる福島原発の事故は、原子力エネルギーが近代社会の基盤となっているだけに、国内だけではなく国際社会にまで波紋が広がっています。一方で、伝熱や二相流の研究が原子力技術とともに発展してきた経緯を鑑みると、伝熱学会がこれまで進めてきた研究は何であったのか。熱技術とはあまりにも乖離した科学研究にすぎなかったのか。それともわれわれの想定を超えた現象が起きていたのか。福島原発事故の問かけには、取りあえず、この岡山大会で特別セッションを企画し、併せて、諮問のための特別委員会を設置したところです。伝熱学会は、認識科学から設計科学にかかる研究領域を守備しているという点では希有の学会です。しかし、人間社会と自然とに不調和をもたらし、そのうえ間近に起きた問題にすら対応できなかったとすれば、熱科学と熱技術の背景にある本質にまで言及しなければなりません。この問題は伝熱学会だけで議論し、また容易に答えが得られるものではありませんが、幸い 50 期は笠木伸英会長はじめ強力な陣容を整えています。どうか将来につながる息の長い議論をスタートしていただければと存じます。

最後に、小沢、青木、宇高副会長、理事の各位、各委員会の皆さん、支部の役員各位、伝熱学会の諸姉兄、ならびに事務局の石塚前局長、大澤局長、倉水様に心より御礼を申し上げ、退任の挨拶といたします。

平成 22 年度日本伝熱学会賞選考の報告

On Selection of Awards of the Heat Transfer Society of Japan, 2010

表彰選考委員会委員長

小澤 守 (関西大学)

Mamoru OZAWA (Kansai University)

e-mail: ozawa@kansai-u.ac.jp

平成 22 年度日本伝熱学会賞学術賞, 技術賞および奨励賞について公募を行い, 所定の手続きにより慎重に審査した結果, 各賞の授賞者を下記のように決定した (授賞対象の記載は順不同). 表彰式は, 平成 23 年 6 月 2 日に岡山市 (岡山コンベンションセンター) で開催された学会総会において行われた.

1. 学術賞

Scientific Contribution Award of the Heat Transfer Society of Japan

- 1) 代表研究者: 角田 直人 (九州大学)
共同研究者: 近藤 克哉 (鳥取大学)
尾崎 敦之 (九州大学)
有本 英伸 ((独) 産業技術総合研究所)
山田 幸生 (電気通信大学)
「近赤外分光法を応用した微量水溶液の温度イメージング」
International Journal of Heat and Mass Transfer
52(19-20), 2009.
第 45 回日本伝熱シンポジウム講演論文集, 第 I 巻, 363-364 頁, 2008 年.
- 2) 代表研究者: 韓 栄培 (東京大学)
共同研究者: 鹿園 直毅 (東京大学)
「マイクロ管内液膜厚さの測定及びその予測手法に関する研究」
International Journal of Heat and Fluid Flow,
Vol.30, No.5, pp. 842-853, 2009.
International Journal of Multiphase Flow, *Vol.35*,
No.10, pp.896-903, 2009.
International Journal of Heat and Fluid Flow,
Vol.31, No. 4, pp. 630-639, 2010.
International Journal of Multiphase Flow, *Vol.37*,
No.1, pp. 36-45, 2011.
第 46 回日本伝熱シンポジウム講演論文集, 第 II 巻, 185-186 頁, 2009 年.

2. 技術賞

Technical Achievement Award of the Heat Transfer Society of Japan

- 1) 代表研究者: 加賀 邦彦 ((株) 三菱電機)
共同研究者: 古藤 悟 ((株) 三菱電機)
大串 哲朗 (広島国際大学)
吉田 英生 (京都大学)
「熱回路網法による空調用熱交換器の性能予測法の開発 (蒸発器の能力に対する風速不均一の影響およびパスパターン適正化による能力向上と気流バイパス抑制)」

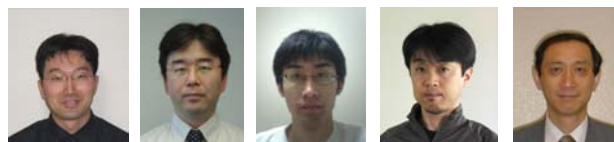
3. 奨励賞

Young Researcher Award of the Heat Transfer Society of Japan

- 1) 研究者: 一柳 満久 (上智大学)
「マイクロ熱流動現象のレーザ複合計測技術の開発研究」
第 47 回日本伝熱シンポジウム講演論文集, 第 II+III 巻, 505-506 頁, 2010 年.
- 2) 研究者: 田口 良広 (慶應義塾大学)
「位相分解蛍光寿命測定法と近接場顕微技術を用いたナノスケール温度測定法の開発」
第 45 回日本伝熱シンポジウム講演論文集, 第 I 巻, 251-252 頁, 2008 年.
- 3) 研究者: 宮田 一司 (東北大学)
「垂直矩形細管内上昇流の沸騰熱伝達と圧力損失」
第 46 回日本伝熱シンポジウム講演論文集, 第 II 巻, 365-366 頁, 2009 年.

日本伝熱学会学術賞を受賞して

*Scientific Contribution Award
of the Heat Transfer Society of Japan*



角田 直人 (九州大学), 近藤 克哉 (鳥取大学), 尾崎 敦之 (九州大学)

有本 英伸 (産業技術総合研究所), 山田 幸生 (電気通信大学)

Naoto KAKUTA (Kyushu Univ.), Katsuya KONDO (Tottori Univ.), Atsushi OZAKI (Kyushu Univ.)

Hidenobu ARIMOTO (AIST), Yukio YAMADA (Univ. Electro-Communications)

e-mail: kakuta@nucl.kyushu-u.ac.jp

このたび、岡山市で開催された日本伝熱学会第 49 期総会におきまして、日本伝熱学会学術賞を賜りました。大変光栄であるとともに、今後研究を進める上で大きな励みとなります。表彰選考委員の先生方をはじめ学会関係者の皆様方には心より御礼申し上げます。

受賞対象の「近赤外分光法を応用した微量水溶液の温度イメージング」の研究は、新たな非接触式の温度測定法の開発研究といえます。近赤外光を利用するという新規性に加えて、測定対象が厚さ 0.01~1 mm の微量な水溶液という点が本研究の特徴です。微量液体の温度測定は、近年飛躍的な進展をみせるマイクロ化学分析と MEMS 分野で特に要望されていましたが、通常液体は PDMS もしくはガラス製のマイクロ流体チップ内に封入されているため、イメージングは勿論のこと点計測さえ難しい状況でした。従来の赤外放射測定法では、材料表面からの熱放射が支配的で溶液の温度は得られませんし、レーザー誘起蛍光法では、前処理が煩雑な上に、蛍光物質の混入による純度低下の問題がありました。これらの問題は、私たちが開発した温度イメージング法によって解決されると考えています。以下に測定原理と研究の経緯について簡単にご説明します。

水の近赤外域(波長 800~2200 nm)の吸収スペクトルには、水分子の基本振動の結合音や倍音に対応する複数の吸収帯が観察されます。吸収帯のスペクトルは温度変化に伴い僅かながら変化します。この温度依存性は水素結合状態と温度の関係に起因する水の分光特性の一つですが、温度測定に利用されることはありませんでした。一方、電気通信大学知能機械工学科の熱工学研究室(山田幸生教授, 角田直人助手(当時))では、近赤外分光法を応用した生体計測研究が行われており、水と生体成分のスペクトルデータが詳細に調べられて

いました。それらの知見を基に、温度測定に関する研究が 2002 年よりスタートしました。当時、電気通信大学の客員助教授でもあった有本英伸氏およびオリンパス(株)の協力を得て、光学系の改良を重ね、スペクトルの多変量解析により 0.1 K 程度の実用的な精度が得られることを確認しました。

この時の試料は光路長が 1 cm 程度のものでしたが、吸収帯の選択と光学系の工夫によって 1 mm 以下でも測定可能なことに着目し、顕微領域の温度測定研究が開始されました。選択したのは、 $\nu_1 + \nu_3$ 吸収帯(OH 対称伸縮振動 ν_1 と OH 逆対称伸縮振動 ν_3 の結合)と呼ばれる波長 1440 nm 付近に存在する吸収帯です。試料が薄くなることで予想されていた、屈折率の温度変化、光干渉、および溶質の影響が相対的に小さいことを確かめ、厚い試料と同等の精度を得ることができました。

以上の研究は点計測でしたが、2005 年に角田が九州大学へ転任したのを機にイメージング研究が着手されました。現象をリアルタイムに捉えるという観点から、 $\nu_1 + \nu_3$ 吸収帯で温度感度が最大の波長(1412 nm)の吸光度をフィルタと近赤外カメラで取得する手法を採用しました。大学院生だった尾崎敦之君が実験、近藤克哉先生が画像処理を担当し、徐々に温度分布をはっきりと捉えられるようになり、ついに発熱体周囲の温度上昇過程を画像化することに成功しました。この成果は第 45 回日本伝熱シンポジウム(2008)と *International Journal of Heat and Mass Transfer* (2009)で発表され、今回の受賞対象論文となりました。

温度測定は伝熱研究の重要且つ恒久的なテーマと思われませんが、本研究は一つの有用な方法を提示できたのではないかと思います。今回の受賞を励みにしまして、本方法が様々な分野で応用できるように、研究をより一層推進させたいと思います。(角田記)

日本伝熱学会学術賞を受賞して

*Scientific Contribution Award
of the Heat Transfer Society of Japan*



韓 栄培, 鹿園 直毅 (東京大学)

Youngbae HAN, Naoki SHIKAZONO (The University of Tokyo)

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

このたび岡山で開催されました日本伝熱学会総会におきまして、日本伝熱学会学術賞を受賞させて頂きました。受賞研究課題は「マイクロ管内液膜厚さの測定及びその予測手法に関する研究」です。伝熱学会の関係各位、並びにこれまでの研究においてご助言を頂いた東京大学の笠木伸英先生、鈴木雄二先生、長谷川洋介先生、慶応大学深淵康二先生をはじめ、ご助言を頂いた皆様に厚く御礼申し上げます。

マイクロ管を用いた熱交換器は、単位体積あたりの実装密度が大きく、熱物質輸送効率の向上が期待できるために注目が集まっています。しかしながら、マイクロスケールでの熱流動、特に二相流は、従来研究されてきたマクロな現象とは様相が大きく異なり、既存のモデルや相関式の適用範囲を外れるため、その設計や開発は一般に困難であると言えます。

マイクロ管や溝付管内の二相流では、重力の影響が小さくなる一方で表面張力の影響が大きくなるため、伝熱促進に加えて気液界面変動が抑制されます。そこでは気泡と管壁の間、あるいは凹凸部に形成された薄い液膜を介した熱物質輸送が支配的となり、液膜厚さはその特徴を決定付ける非常に重要なパラメータとなります。従来から、液膜厚さの実験に関する研究はいくつか報告がありますが、変動を伴う気液界面を精度良く測定するのは非常に難しいため、信頼性の高いデータは得られていませんでした。そこで、表面張力が支配的となる流れ場であれば、界面変動が抑制されるので計測が可能になるのではないかと考えました。干渉縞を用いた測定など様々な方法を試した結果、レーザー共焦点法を用いてマイクロ管内二相流の薄液膜厚さを系統的に高精度に測定することに成功しました。

二相流の流動様式は、管の断面形状の影響を強く受けるので、円管、正方形管、高アスペクト比

矩形管の三種類の断面形状について水力直径や作動流体を変えながら幅広い条件で実験を行いました。また、マイクロスケールにおいては、慣性力は通常無視され、液膜厚さは粘性力と表面張力の比を表すキャピラリ数の関数として整理される場合が多いですが、本研究の結果から、レイノルズ数によっても液膜厚さが大きく変化することを明らかにしました。また、得られたデータと支配方程式のスケール解析を行うことで、液膜厚さに対する新しい相関式を提案しました。また、矩形管においても角部と平滑部での液膜厚さを測定し、円管の場合と同様なレイノルズ数依存性を確認しました。

一方、マイクロ管内の沸騰においては、蒸発による気泡の加速度が液膜厚さに影響を与えることが知られています。加速時の液膜厚さについても系統的な測定を行い、流れの加速によって液膜が非常に薄くなることを観察しました。液スラグ中の速度分布が変化することで、気流先端領域の界面曲率が変化するためだと考えられます。得られたデータを用いて定常状態と加速時を含む液膜厚さに対する新しい相関式を提案しました。

マイクロ管内の二相流は伝熱分野だけではなく、電池や化学反応機器等においても、とても重要です。つまり、これらの用途でも液膜厚さは非常に重要なパラメータの一つです。本研究によって液膜厚さの正確な予測が可能となり、これらの機器の設計向上に少しでも貢献できれば望外の喜びです。

受賞者の韓は2006年10月に来日し、本研究に着手しました。研究だけでなく、言葉の壁や生活習慣等の苦勞を乗り越えられたのは、関係各位のご厚意とご協力を頂いたからこそだと認識しております。今回の受賞を大きな励みにして、今後も研究に全力を尽くし、良い成果を発信し続けていけるように精進したいと思います。

日本伝熱学会技術賞を受賞して
*On Receiving Heat Transfer Society Award for
Technical Achievement*



加賀 邦彦, 古藤 悟 (三菱電機)
大串 哲朗 (広島国際大学), 吉田 英生 (京都大学)
*Kunihiko KAGA, Satoru KOTOH (Mitsubishi Electric Corp.),
Tetsuro OGUSHI (Hiroshima International University), Hideo YOSHIDA (Kyoto University)*
e-mail: Kunihiko.Kaga@cw.MitsubishiElectric.co.jp

このたび、第 23 回日本伝熱学会技術賞をいただき、まことに光栄の至りです。関係者の方々ならびに審査いただきました先生方には深く感謝いたします。

今回の受賞の対象となりましたのは「熱回路網法による空調用熱交換器の性能予測手法」に関する研究です。空調機の高効率化による省エネ性向上は地球温暖化傾向や資源枯渇の問題に対処するため重要度を増してきておりますが、その中でも熱交換器の高性能化は重要なテーマのひとつです。従来から、高性能伝熱管や空気側の伝熱促進の技術開発が進められており一定の成果を収めていますが、わたしたちは、それらの高性能化技術を搭載した熱交換器の性能を最大限に引き出すため、熱交換器内の温度分布の影響を考慮した性能予測手法を開発しました。

とくに、熱交換器を蒸発器として使用する場合、空気の風速分布の影響により熱交換器内の冷媒がガス化し空気との温度差が確保できなくなることによる性能低下が懸念されます。また、湿度負荷条件によっては部分的にガス化した領域を多湿空気が通過するバイパス現象により結露が発生するため、これを防止する冷媒流路パターン（パスパターン）を設計する必要があります。従来は、このような風速分布の影響や湿度負荷条件の影響を考慮した机上検討を簡便に行う手法が確立しておらず、設計現場ではカットアンドトライによる検討が行われていました。開発した手法の導入により、事前に机上検討が可能となったため、このようなカットアンドトライの回数を激減させ、開発加速につなげることができます。

予測手法の開発にあたっては、過去の資源を有

効活用する意味もあり、機器の熱設計において社内実績のあった熱回路網法の解析ツールを大幅に改良し、等価比熱を導入して冷媒の相変化を扱えるようにするとともに各種の熱伝達式や圧損式を整備しました。同時に、現場での取り扱いを考慮し、少ない分割数で物理的に妥当な結果が得られ計算時間を節約できる方法を開発しました。熱回路網法をベースにしているため見通しがよく結果の検討も容易です。冷媒パスパターンをマウスでインプットできる GUI（グラフィック ユーザーインターフェース）も関係者の協力を得て開発しました。

オリジナルの開発はすでに 1990 年代の前半にスタートしており、熱交換器を凝縮器として用いたケースを対象として、フィンを介して熱伝導によりロスする熱量を定量化するために始めたものです。当初は EWS（エンジニアリング ワークステーション）を使って数時間かかっていた計算時間も今ではノートパソコンを使って数分で計算が終了します。先に述べたように GUI も整備しており、さまざまなケースに対応できるように拡張性を持たせ、社内の設計ツールとしても開発ツールとしても活用しています。

日本伝熱学会技術賞という大変名誉ある賞をいただくことができましたのも、15 年以上前にスタートした開発を設計現場から見守りいろいろなコメントをいただいた設計者の方々や、GUI の整備のための予算確保などで精力的に対応いただいた多くの関係者の方々の協力のおかげと感謝しております。この場をお借りして改めて御礼申し上げます。

日本伝熱学会奨励賞を受賞して

Young Researcher Award of the Heat Transfer Society of Japan

一柳 満久 (上智大学)

*Mitsuhsa ICHIYANAGI (Sophia University)**e-mail: ichiyanagi@sophia.ac.jp*

この度は、名誉ある「日本伝熱学会奨励賞」を頂き誠にありがとうございます。この場を借りまして、ご指導頂きました諸先生方、受賞にあたりご推薦頂きました先生、選考委員の先生方に心より御礼申し上げます。また、日本伝熱シンポジウムでは、受賞対象となりました研究のほか、関連研究の成果を多数発表させて頂きました。研究の方向性に悩むことも多々ありましたが、シンポジウムでの活発な議論を通じ貴重なご助言や新たな方向性を示して頂きました。これまでご指導頂きました諸先生方に感謝の意を表し、受賞の挨拶とさせて頂きます。

今回受賞対象となりました「マイクロ熱流動現象のレーザ複合計測技術の開発研究」は、小生が慶應義塾大学大学院理工学研究科後期博士課程在籍時に着手し、主に東京大学インテリジェント・モデリング・ラボラトリーにて特任研究員の職務として行った研究成果をまとめたもので、以下に簡単に研究背景および経緯を記述させて頂きます。

マイクロスケールの熱および物質輸送現象の詳細な解析は、大型化学反応器や分析機器を小型化したマイクロ熱流体デバイスの最適設計や性能向上の観点から近年になって重要視され、現在では物理化学・電子工学・生化学・機械工学といった様々な分野で実験・シミュレーション・理論の各方向から盛んな検討が行われる研究課題となりました。流路をマイクロスケールにすることによる大きな特徴としては、表面積 / 体積の比が大となることで、流路壁面の電気的力の顕在化（電気浸透流を誘起）、気液・液液・固液界面反応の効率化、さらには単位面積あたりの熱伝達量の大幅増加が挙げられます。これらに共通する点は、界面近傍マイクロからナノスケールのイオンや流体挙動がその流れや反応効率、さらには伝熱特性を支配していることにあります。近年では、マイクロスケールの熱物質輸送に関する報告例は増え始めては

いるものの、未だ精度の高い実験による定量的データを提供した研究報告例が少ないのが現状です。

上記の研究背景を受けて、本研究では数マイクロメートルの空間分解能を有する速度（マイクロ粒子画像流速計: PIV）および濃度もしくは温度のスカラー量（レーザ誘起蛍光法: LIF）の同時計測法を開発しました。マイクロ PIV と LIF を複合化するため、倒立蛍光顕微鏡に共焦点スキャナおよび 3CCD カメラを取り付けた計測システムを構築しました。本システムを構築する上で工夫した点を以下に挙げます。従来の速度およびスカラー量の同時計測では、粒子（PIV 用）および色素（LIF 用）の観察のためにレーザ 2 波長、カメラ 2 台を用いて複雑な光学系を構築することが一般的でした。しかしながら、マイクロ流路内の観察には蛍光顕微鏡を必要とするため複雑な光学系の構築は困難を極めます。そこで、粒子および色素の蛍光特性および 3CCD カメラの分光特性を巧みに利用し、レーザ 1 波長、カメラ 1 台の簡易な光学系による同時計測を実現しました。これまでに本計測法は、化学反応を伴う液液混合場、表面改質した液相流れ場、固液二相流動場、気液溶解反応場といった様々な流れ場に適用してきました。化学反応場では速度および水素イオン濃度分布を計測することで、物質輸送方程式に記述される対流と拡散を空間的に評価でき、従来のペクレ数を用いた巨視的な評価法から局所的な評価を実現しました。また、ポリマー材料で作製した気体透過デバイス内を計測したところ、流路の表面粗さが大となると気体透過量も大となることを示しました。

本研究は、伝熱研究を基盤として、光学分野の技術を取り入れることで成り立っております。微力ながらも伝熱分野の進展に貢献できたのであれば大変光栄に思います。伝熱学会員の皆様方には、これからもご指導ご鞭撻のほど、何卒宜しくお願い申し上げます。

日本伝熱学会奨励賞を受賞して

Young Researcher Award of the Heat Transfer Society of Japan

田口 良広 (慶應義塾大学)

*Yoshihiro TAGUCHI (Keio University)**e-mail: tag@sd.keio.ac.jp*

この度、岡山コンベンションセンター（ママカリフォーラム）にて開催されました日本伝熱学会第 49 期総会におきまして、「位相分解蛍光寿命測定法と近接場顕微技術を用いたナノスケール温度測定法の開発」に対して、日本伝熱学会奨励賞を頂きました。日本伝熱学会創立 50 周年という記念の年に栄えある奨励賞を頂きましたこと、大変光栄に思うとともに、次の 50 年への一歩を担う一員として非常に気の引き締まる思いであります。御推挙、御選考下さいました先生方ならびに関係者の方々に深く御礼申し上げます。

今回受賞の対象となりました研究のベースは、私が博士課程の時にスタートしたものです。当時、慶應義塾大学に特別講演でお越しいただいた近接場光学顕微鏡の第一人者の 1 人であります齋木敏治先生に、近接場光を用いた温度・熱物性計測のアイデアをアポ無しで相談させていただいたのがきっかけでした。ヨチヨチ歩きだった研究は、当時指導教員だった長坂雄次先生を始めとして多くの先生方の御指導・御助言により近接場光を用いてナノスケール分解能で温度計測が可能であるという本受賞の研究へと結実いたしました。現在は、高真空対応の近接場光学顕微鏡や近接場光による熱的ナノスケールパターンニング技術の開発など、新領域への挑戦をグループ一丸となって取り組んでおります。

さて、受賞対象となった研究では、ナノ領域の温度を非接触で光学的にモニタリングすることを目的として、近接場蛍光熱顕微鏡を提案しております。試料に分子修飾した Qdot ナノ粒子の蛍光寿命-温度依存性を近接場光でモニタリングすることでナノスケール空間分解能で温度を計測することが可能となります。ここで重要となるのが、蛍光寿命の計測方法です。一般的に蛍光寿命の測定では極短パルスのレーザーを試料に照射し、励起された蛍光が緩和していく様子を観察いたします。

この場合、極短パルスレーザーの強度は近接場光を励起するために必要不可欠な近接場光ファイバーの損傷閾値以下に制限され、十分な励起光を近接場光ファイバーにカップリングできません。近接場光は近接場光ファイバー先端の微小開口（開口径は光の波長よりも小さい）に励起される非伝播光成分であり、極めて微弱なため如何に高感度に検出するかがキーとなります。そこで位相分解蛍光寿命測定法を近接場光と融合することに着目いたしました。位相分解蛍光寿命測定法では、試料の蛍光分子を周期的に励起し、蛍光発光と励起光の位相差を検出することで蛍光寿命を算出いたします。本方法では、ロックイン検出（極狭帯域のバンドパスフィルタリング）が可能となるため、高感度な近接場光検出が可能となります。

もう一つ重要な要素技術として近接場光ファイバーと試料との間隔をナノメートルオーダーで制御する技術があります。水晶振動子に近接場光ファイバーを接着し、近接場光ファイバー先端にかかるファンデルワールス力等の外力を検出し、フィードバック制御で間隔を一定に保っております。実はこの接着は手作業で行っており、熟練を要す上に、折角苦労して作製したファイバーを走査測定中に破損してしまうということが非常に多くありました。化学エッチングやスパッタリングなど高度なナノテク技術を利用して作製したファイバーも最終的なパッケージングが手作業でボルトネックになるということは間々あることではあります。しかし、こうしたモノづくりを追求した結果、提案手法の妥当性を示すことに成功いたしました。

この受賞は多くの方々への賜物です。博士課程時に多大な御指導を賜りました長坂雄次先生と本研究プロジェクトに関わった研究室メンバーに改めまして深く感謝申し上げます。今後もマイクロ・ナノ伝熱研究に貢献できるよう精進する所存ですので、御指導のほど宜しくお願い致します。

日本伝熱学会奨励賞を受賞して

Young Researcher Award of the Heat Transfer Society of Japan



宮田 一司 (東北大学)

Kazushi MIYATA (Tohoku University)

e-mail: miyata@luna.ifs.tohoku.ac.jp

この度は、栄えある「日本伝熱学会奨励賞」を賜り、誠にありがとうございました。今回受賞の対象となりました研究成果は、九州大学工学部における卒業研究から今日まで、私が取り組んできた研究の重要な成果の一つで、九州大学の森英夫教授にご指導いただきました。また、伝熱シンポジウムをはじめ多くの場面で、諸先生方に多くのご指導、ご助言を頂きました。ご指導いただきました先生方、受賞に際してご推薦ご選考いただきました関係者の皆様に心より御礼申し上げます。

受賞テーマ「垂直矩形細管内上昇流の沸騰熱伝達と圧力損失」は、垂直に配置した矩形細管内（一辺 1mm の正方形流路）を、冷媒 R410A が上向きに流れる際の沸騰熱伝達と圧力損失の特性を実験によって明らかにしたものです。近年、室内用空調機の熱交換器においては、伝熱性能向上とコンパクト化を目的として、冷媒流路を細径化する傾向にあります。内径 1mm 程度の細径冷媒流路は、今後の室内用空調機の熱交換器に用いられることが検討されており、詳細な相変化熱伝達と圧力損失の特性解明が求められてきました。

上記の矩形細管と同程度の水力直径の円管や三角形管を対象とした実験も、本研究の一環で行っています。矩形や三角形の微細流路は、円管よりも良好な相変化熱伝達特性を示すことで注目されています。気液二相流の場合、矩形や三角形細管内では、表面張力の効果によって液相が角部に保持され、辺中央部には非常に薄い液膜が形成されます。沸騰・蒸発熱伝達過程においては、その薄液膜部で蒸発が促進され、円管よりも高い熱伝達率を示すことがわかりました。また、このような伝熱促進効果は流速が小さい場合に顕著にみられること、一方で流速が大きい場合には円管との熱伝達率の差異が小さいことが、実験により明らかになりました。さらに、これらの管は、高い熱伝達率を示すにも関わらず圧力損失は円管と同程度

かやや小さいという結果を得ました。これらの結果は、細管を用いた熱交換器の実用化に向けた明確な指針のひとつになると考えています。

冒頭にも触れましたが、私は、学部 4 年生の卒業研究から、本課題に取り組んできました。運良く研究の立ち上げから関わることとなり、先生方の一からの実験装置作りを指導していただく一方で、自分なりに測定精度を改善する手法を考える機会を得ました。最初の目的は、円管における細径化の影響を明らかにすることであり、表面張力効果の出現を期待して、従来よりも低流量の条件を対象に実験を行いました。もちろん、細径化に伴って圧力損失が大きくなりすぎないようにするためにも、低流量を用いる必要がありました。実験初心者の私にとって想像を絶する低流量（沸騰開始前の液相状態で約 1.5cc/min）を相手に、測定精度を確保しようと多くの策を講じました。特に、安定的な流動を保つことと、周囲からの熱侵入を極力小さくしたうえでその侵入量を正確に見積もることが課題でした。実験装置全体を見直して改良することも度々あり、多くの試行錯誤・校正実験を重ねた結果、最終的には満足いく精度のデータを得ることができました。苦労して得た低流量のデータは、従来の大径管と異なる細径管内流の特性を検討する際に役立ちました。また、矩形管や三角形管の熱伝達促進効果の確認にも、低流量のデータが重要な役割を果たしました。

本研究を続けてきたことによる縁がありまして、現在は、東北大学流体科学研究所の大平勝秀教授の研究室で、助教の職に就いています。この度このような栄誉ある賞を頂きましたことは、今後の研究活動の大きな励みとなります。伝熱工学の発展に対して、また助教の立場から後進の育成にも微力ながら尽力していきたいと考えておりますので、今後とも、ご指導ご鞭撻いただきますよう、よろしく願い申し上げます。

2011 年度 優秀プレゼンテーション賞 受賞者
— 第 48 回日本伝熱シンポジウム —
Best Presentation Awards

学生会委員会幹事
巽 和也 (京都大学)
Kazuya TATSUMI (Kyoto University)

平成 23 年 6 月 2 日に岡山市 (岡山コンベンションセンター) で開催されました学会総会において、第 48 回日本伝熱シンポジウム (岡山) で開催されました優秀プレゼンテーション賞セッションにて発表を行い、見事優秀プレゼンテーション賞を受賞された方々の表彰式が行われました。受賞者と表彰式の様子をご紹介します。

2011 年度 受賞者

- ◆ Torres Juan Felipe (東北大学)
「高分子化合物の水溶液内物質拡散係数の濃度依存性測定」
- ◆ 矢吹 智英 (明治大学)
「MEMS センサによる核沸騰熱伝達機構の研究
— 干渉法と極細熱電対を用いた液相熱伝達計測の試み —」
- ◆ 川瀬 友宏 (東京理科大学)
「リブ列を有する平行平板間における粘弾性流体の乱流熱伝達の数値解析」
- ◆ 佃 一樹 (慶應義塾大学)
「スプレー燃焼合成法を用いた多孔質微粒子の合成に関する研究」
- ◆ 志賀 拓磨 (東京大学)
「第一原理に基づいた鉛テルライドのフォノン伝導解析」
- ◆ 岸本 将史 (京都大学)
「微構造定量化に基づく SOFC 電極解析用サブグリッドスケールモデルの提案と評価」

(順不同)



平成 23 年度科学技術分野の文部科学大臣表彰
*The Commendation for Science and Technology by the Ministry of
Education, Culture, Sports, Science and Technology 2011*

表彰選考委員会委員長

小澤 守 (関西大学)

Mamoru OZAWA (Kansai University)

e-mail: ozawa@kansai-u.ac.jp

平成 22 年 5 月に表記の大臣表彰候補者の公募があり、本学会は表彰選考委員会での選考をへて候補を推薦した。その結果、下記の科学技術賞と若手科学者賞の各 1 件について授賞が決定された。4 月 20 日に表彰式が予定されていたが、東日本大震災を受けて、表彰式が中止され、表彰状その他は郵送によって受賞者に届けられたが、本学会においては第 49 回日本伝熱シンポジウム(岡山)の総会において、受賞者に登壇してもらい、受賞の披露を行った。以下に受賞対象に関連する業績概要を紹介する。なお受賞者一覧などは

http://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/23/04/1304367.htm
をご参照ください。



【科学技術賞 (開発部門)】

Prizes for Science and Technology (Development Category)

温度湿度個別コントロール空調システムの開発

松井 伸樹・藪 知宏・稲塚 徹
(ダイキン工業株式会社)

業績内容

従来の空調システムはエネルギー効率の向上と冷房時における除湿量がトレードオフの関係にあ

り、快適性と省エネルギー性を両立できなかった。また、従来の除湿器の代表であるデシカントシステムは高温の熱源が必要であるため効率が低く、吸着ローターの体積が大きいため装置サイズが大きかった。

本開発では、デシカントとヒートポンプのハイブリッド化によって湿度処理を高効率に実現した『調湿外気処理ユニット』とビル用マルチエアコンの蒸発温度を高め高効率に温度処理だけを行う『高頭熱形ビル用マルチエアコン』を組み合わせる事によって湿度、温度を個別に制御することを可能とし、快適性と省エネ性の両立を実現した。本開発により、従来の空調システムと比較して通年で消費電力を 21%削減することが可能となった。また、吸着材を利用することによって無給水、無排水で除加湿運転を実現したため、水道代、加湿エレメントの交換費、ドレンパン点検作業費を不要とし、ランニングコストの 42%削減を実現した。

本成果は、商業ビルの約半分を占める空調の消費エネルギーを大幅に削減する切札として自律循環型社会の形成に寄与することが期待される。

主要特許：特許第 3624910 号「調湿装置」

主要論文：「“湿度”・“温度”個別コントロール空調システム」、空気調和・衛生工学学会誌, Vol.82, No.8, p.33-38, 2008 年 8 月発表。

【若手科学者賞】

Young Scientist' Prize

サブクールプール沸騰における限界熱流束発生機構の研究

小野 綾子 (日本原子力研究開発機構)

業績内容

液体は、沸騰することで発熱体から多くの熱を奪うことができるが、沸騰による除熱量には限界熱流束と呼ばれる上限値が存在し、この値を越え

ると発熱体の温度は急激に上昇して溶融・破損する。このため、沸騰を利用する機器の安全評価上、限界熱流束の予測は非常に重要であるが、なぜ限界熱流束が発生するのかは不明であった。

受賞者は、液温を沸点以下にしたサブクール沸騰で限界熱流束が増大する特徴に注目し、極めて独創的かつ緻密な実験により限界熱流束の発生と増大の原因を解き明かした。次いで、重力や圧力の異なる沸騰に研究を拡張し、プール体系（液が静止している体系）全般の限界熱流束の発生機構を統一的に説明した。

本研究成果は、限界熱流束の理論的予測法の確立やその飛躍的促進法の開発など、今後の沸騰伝熱研究の進展に大きな貢献を果たすと期待される。

主要論文：「Liquid-Vapor Structure near Heating Surface at High Heat Flux in Subcooled Pool Boiling」, International Journal of Heat and Mass Transfer, Vol.50, p.3481-3489, 2007 年 8 月発表。

「Measurement of Surface Dryout near Heating Surface at High Heat Fluxes in Subcooled Pool Boiling」, International Journal of Heat and Mass Transfer, Vol.52, p.814-821, 2009 年 1 月発表。

第 48 回日本伝熱シンポジウムの報告

Report on the 48th National Heat Transfer Symposium of Japan

稲葉英男¹, 堀部明彦², 春木直人², 野津滋³, 島崎泰弘³, 小澤守⁴, 巽和也⁵

(1 津山高専, 2 岡山大, 3 岡山県立大, 4 関西大, 5 京大)

Hideo INABA¹, Akihiko HORIBE², Naoto HARUKI³, Shigeru NOZU³,

Yasuhiro SHIMAZAKI³, Mamoru OZAWA⁴, Kazuya TATSUMI⁵

(1 Tsuyama National College of Tech., 2 Okayama Univ.,

3 Okayama Pref. Univ., 4 Kansai Univ., 5 Kyoto Univ.)

1. シンポジウム概要

第 48 回日本伝熱シンポジウムは、日本伝熱学会創立 50 周年事業の一環として、6 月 1 日(水)～3 日(金)に岡山コンベンションセンターで開催されました。本伝熱シンポジウムの講演論文原稿の提出期限(3 月 18 日)が迫っている最中の 3 月 11 日に東日本大震災が発生し、未曾有の大地震・津波そして原子力事故により、筆舌に尽くしがたい大きな災害をもたらしました。被災されました日本伝熱学会会員及びそのご家族の皆様を始め、全ての方々に心よりお見舞い申し上げますとともに亡くなられた方々に哀悼の意を表します。この度の大震災や原子力事故により派生しました過酷事象が一刻も早く終結し、復興されますことを心からお祈り申し上げます。既に講演申込をされた 5 件の論文の執筆者からこの度の大震災が原因で、原稿の作成ができない旨の連絡があり、実行委員会としては、心苦しい思いで講演中止とさせていただきます。今回の複合大災害である原発事故に対して、日本伝熱学会として伝熱分野の観点からの見解を取り纏めるべく、「東日本大震災に伴う福島第 1 原子力発電所災害特別セッション」が急遽第 1 日目(6 月 1 日)にコンベンション大ホール(A 室)において、約 200 名の参加者のもとで開催されました。原子力関連分野 3 名の専門家による原発事故情報の分析と課題の抽出などの報告があり、総合討論では原発事故から派生した諸課題の解決に向けて、伝熱領域に携わる開発者や研究者から有意な意見交換がなされました。

日本伝熱学会中国四国支部での伝熱シンポジウムの開催は、第 9 回・第 16 回広島、第 24 回松山、第 32 回山口、第 40 回広島、第 48 回岡山で 6 回目の開催となります。伝熱シンポジウム開催日が 5

月下旬から 6 月初旬と慣例化しているため、特に地方開催の場合には、総会や特別講演会開催可能な大ホールや 10 室程度の講演会室そして懇親会場の確保に苦慮されている状況にあります。中国四国の交通の要衝であり、晴れの国を標語に掲げている岡山市(平成 20 年政令都市、人口約 70 万人)は、国際・国内会議の誘致に積極的であり、JR 岡山駅と連絡通路で結ばれた利便性が高く、大規模会議が可能な岡山コンベンションセンター(通称ママカリフォーラム、ママカリの意味は岡山名物の小魚)を第三セクター方式で JR 岡山駅の再開発を兼ねて数年前に設立しております。第 48 回伝熱シンポジウム岡山では、隣接ホテルでの懇親会の開催も可能であり、昼食のできる食堂街も近隣に多数あることなどから、同一建物で講演会等開催が可能な岡山コンベンションセンターを利用することにしました。しかしながら、同センターの会場借り上げ料が高く、協賛収入の増加や経費の削減など、伝熱シンポジウム運営に苦労した次第です。

岡山伝熱シンポジウムは、伝熱学会創立 50 周年事業と位置づけられており、各種印刷物の表紙には、50 周年事業委員会選定のロゴマークが入っています。一方、岡山伝熱シンポジウムでは、岡山県のマスコットである桃太郎像(JR 岡山駅前に桃太郎像あり)をロゴマークとしました。岡山の名物は、マスカット葡萄や白桃であり、さらに桃太郎にちなんだ吉備団子です。桃太郎の物語は、全国で数カ所(岡山市・総社市、高松市、犬山市、奈良県田原本町)にあるそうです。岡山市・総社市の桃太郎物語は、第 7 代孝霊天皇の皇子吉備津彦命(吉備津彦神社あり)と稚武彦命兄弟の吉備国平定における活躍や岡山県(吉備国)の温羅(う

ら、鬼の意味)伝説に由来すると言われていいます。これらの伝説は、古代において大和政権と吉備国の対立構造を、桃太郎と鬼の争いになぞらえています。

岡山伝熱シンポジウムへの講演論文数は、最近の伝熱シンポジウムと同規模の 374 件(申込 383 件、辞退 9 件)であり、参加者は 732 名(中間集計)でした。2000 年神戸開催の伝熱シンポジウムが規模のピーク(講演論文数 510 件そして参加者数 1082 名)であり、この数年伝熱シンポジウムの規模が縮小している現状にあります。

シンポジウム初日の 6 月 1 日午後から、学生対象の優秀プレゼンテーションの開催が 4 室で行われ、将来の伝熱学会を担う学生の講演発表(37 件)が活発に行われました。6 件の優秀プレゼンテーションの選定が学生会委員会で行われ、2 日目の総会で授賞式が行われました。

2 日目(6 月 2 日)は、コンベンション大ホール(A 室)で、伝熱学会創立 50 周年記念特別講演が、講師に第 33 期会長である中山恒先生をお迎えし、「伝熱学会 50 年:回顧と展望」と題して行われました。その後、総会が慣例に従って開催されました。同夕刻に懇親会が会場を岡山コンベンションセンターに隣接している全日空ホテルの大宴会場「曲水」で開催されました。

日本伝熱学会の財政事情の悪化や今回の会場借料が高いことから協賛企業団体の勧誘に努め、機器展示 9 社、カタログ展示 5 社、広告 10 社のご協力をいただき、協賛いただいた企業の方々に心から感謝を申し上げる次第であります。経費削減に関しては、看板など簡素化や使用機器などの自前準備そして札幌伝熱シンポジウム実行委員会から譲り受けた備品等の活用を図りました。ここで、種々のご支援をいただいた札幌伝熱シンポジウム実行委員会の皆様に心からお礼を申し上げます。

以上、第 48 回日本伝熱シンポジウム岡山開催の概要を説明させていただきました。以下に、本伝熱シンポジウム実行委員の分担事項について報告していただき、今後の伝熱シンポジウム開催運営の参考にしていただければ幸いです。

ここで、本シンポジウムの準備・運営等で多大の尽力を賜りました、第 48 回伝熱シンポジウム実行委員の皆様に心から感謝申し上げます。

(実行委員長 稲葉英男)

2. ホームページ・参加登録・J-Stage

例年、伝熱シンポジウムにおけるホームページはそれぞれの実行委員会にて作成と運営を行っております。今回もその流れを踏襲しまして、平成 22 年の 9 月にホームページの作成に着手し、伝熱学会誌への第一回目の会告掲載に併せて平成 22 年 11 月に正式に運用を開始しました。運用に関しては、昨年の伝熱シンポジウムのホームページ運営に使用された Windows 系の各種プログラムを使用して運営の負担軽減を行うため、今回は、昨年と同様に Windows 系サーバーを設置しました。この伝熱シンポジウムのホームページの役割としては、会告に掲載された各種情報の補填と、講演申込・論文投稿・参加申込を承ることであります。

役割のうち、講演申込および論文投稿につきましては、今回も J-STAGE のシステムを使用させて頂きました。J-STAGE の利用は今回のシンポジウムで通算 4 回目になります。このため、これまでのシンポジウムで培われたテンプレートのおかげで、今回は J-STAGE のシステムの変更等をお願いする必要がありませんでしたのは、非常に助かりました。しかしながら例年指摘されていることですが、論文投稿の時点でチェックしましたところ、今回も講演申込時のタイトル・著者名等の情報が実際の講演論文の情報と異なっている論文が多数見受けられました。講演申込時に入力されたタイトル・著者名等の情報は、J-STAGE 上での論文公開においての目次に使用されるため、これに差異がありますと、閲覧者に大きな誤解を与える可能性があります。例年は、各実行委員会にて J-STAGE 上の情報修正を行っていたようですが、本来は講演情報の管理も講演申込者の責務でありますので、今回は、メールにて各講演申込者の方に J-STAGE 上の情報修正をお願いすることで対応させて頂きました。皆様のご協力に感謝致します。

また今回は、論文投稿の締切直前に発生しました東日本大震災により、被災地におられます講演申込者からの講演原稿の提出が困難になるという事態が予想されました。そのため、実行委員会では講演原稿提出期限を一週間延長するとともに、地震で特に大きな影響を受けた方には、さらなる締切延長や特例措置など可能な限りの対応を行うことを決定し、3 月 16 日にメールおよび伝熱シンポ HP への掲載によって各講演申込者までに連絡

致しました。この措置のため、J-STAGE 側には講演原稿提出のシステムを 1 ヶ月もの間延期して稼働させて頂く対応を取って頂きました。この場を借りまして御礼申し上げます。

参加登録につきましては、昨年の実行委員会より頂きました Windows 系の参加登録プログラムをベースにして、今回用に修正したものを使用しました。その際、下記のトラブルがありましたこと記しておきますので、次回以降、この参加登録プログラムを使用される実行委員会の方には、対応のご検討をお願い致します。1. 各項目記入欄全てに情報を記入しておかないと、参加登録データベース記入時にエラーが発生して、参加登録完了メールの送信が行われなかったというクレームが数件ありました。今回は、「全ての項目を入力しないとエラーになる」旨の注意を示して対応致しました。2. 参加登録終了時に自動配信される参加登録完了メールに郵便振込の番号を記入してありませんでした。このため、該当情報が記載されていた会告を再度確認してもらわないといけなくなったため、参加者の方に余計な負担をおかけしてしまいました。

最後に、J-STAGE による参加登録と論文投稿のシステムを利用することで、実行委員としての作業量が大幅に減少し非常に助かりました。しかしながら、このシステムが来年からは使用できなくなるといわれている点は非常に残念であります。

(春木直人)

3. プログラム

今回のシンポジウムの発表件数は 374 件で、前回の札幌 363 件、前々回の京都 378 件と比較するとほぼ同様の件数でした。原稿提出締め切りが 3 月 18 日の予定でしたので、3 月 11 日に起きた東日本大震災の影響を考え、学会本部等と連絡を取り、全体に対して締め切りを延長するとともに、震災の影響を受けた方には講演論文集冊子の印刷に間に合わなくても発表可とする特例措置など最大限の配慮を決めました。心配していたよりキャンセルが少ないものの、当初 383 件の申し込みの内、全体で 9 件、その内震災関係で 5 件のキャンセルが出たことは残念でした。なお、特例措置の該当者はいませんでした。

プログラム編成は、従来の分類に応じて行いま

したが、物質輸送関係は多くの発表が燃料電池関係でしたので、「燃料電池」のセッションとして編成しました。おそらく過去のプログラム編成担当の方も苦慮されたと思いますが、今回も著者の希望と発表内容、日程、各セッションの発表数、関連セッションとの重複、部屋の大きさ、座長候補の有無など多くの点を考慮し、なるべく良い編成と成るよう大いに苦悩しながら最後は独断で決めさせていただきました。以下に分類毎の発表件数を報告します。

・優秀プレゼンテーション賞セッション (計 37 件)

「熱物性・物質移動」10 件、「対流伝熱」8 件、「反応・熱機器」10 件、「マイクロ・ナノスケール現象」9 件

・オーガナイズドセッション (計 37 件)

「電子機器の信頼性を支える熱設計と冷却技術」11 件、「MEMS と伝熱」18 件、「非線形熱流体现象と伝熱」8 件

・一般セッション

対流伝熱系 (計 34 件)

「強制対流」20 件、「自然対流・複合対流」14 件
沸騰・凝縮・固液相変化系 (計 61 件)

「沸騰」24 件、「凝縮」6 件、「混相流」15 件、「融解・凝固」16 件

熱機器系 (計 47 件)

「ヒートポンプ・空調・熱機器」14 件、「ヒートパイプ」16 件、「電子機器の冷却」10 件、「熱機器・熱交換器」7 件

反応・燃焼系 (計 42 件)

「反応・燃焼」19 件、「燃料電池」23 件

マイクロ伝熱系 (計 43 件)

「分子動力学」21 件、「マイクロ伝熱」22 件

その他 (計 73 件)

「熱物性」12 件、「生産加工・熱伝導」7 件、「多孔質体の伝熱」12 件、「電場・磁場・電荷移動下での伝熱」4 件、「バイオ伝熱」11 件、「自然エネルギー」9 件、「計測技術」5 件、「ふく射」13 件

・東日本大震災に伴う福島第 1 原子力発電所災害特別セッション

(堀部明彦)

4. 講演論文集・CD-ROM・プログラム冊子

講演論文集・CD-ROM・プログラム冊子の作成

に関しては、基本的には例年のものを踏襲するという方針を実行委員会として確認して作成致しました。そのため、それぞれの基本的な構成、特に講演論文集とプログラム冊子につきましては従来のものからの大きな変更はありません。

講演論文集とプログラム冊子の各表紙に使用されている色とワンポイントのデザインには、岡山での伝熱シンポジウム開催が象徴されるものとし、今回は、ベンガラ色と桃太郎像としました。このベンガラ色は、岡山大学のスクールカラー「岡大レッド(ベンガラ)」として制定されたものであります。ベンガラとは、岡山県高梁市成羽町屋地区で江戸時代後期から生産された硫化鉄鉱を原料とした赤色の着色材でありまして、岡山の代表的な産業の一つであったものであります。またおとぎ話でおなじみの桃太郎は、岡山県がゆかりの地として有名であり、今回は岡山駅前に飾られております桃太郎像をデザインとして採用致しました。

講演論文集とプログラム冊子の作製では、今回も基本的に J-STAGE に提出して頂きました原稿に記載の情報を正として作成致しましたが、J-STAGE の章にて述べましたように、J-STAGE への登録情報と提出されました原稿に記載された情報の間に違いがある講演が多数見受けられました。この点は毎年指摘されている問題であります。問題解消のためにはやはり各講演申込者の方に注意して講演原稿を作成して頂く以外にはないのではないかと思われま

す。また、講演論文集と CD-ROM の作成に使用しました原稿は例年と同等に J-STAGE に提出されました原稿を使用しました。この J-STAGE に提出されました原稿は、J-STAGE 公開と CD-ROM への使用には問題ありませんでしたが、講演論文集への使用には、ページ数と白黒印刷という制限がありました。そのため、今回も希望者には印刷用の白黒原稿の提出をお願いしました。例年印刷用の白黒原稿の提出件数は多くはないため、今回は前々回の京都と同様に実行委員会宛にメールにて提出としました。最終的には、提出件数は 25 件とほぼ例年通りであり、特に問題等は発生致しませんでした。

CD-ROM につきましては、目次から各講演へのリンク設定を従来からの Web(HTML)形式から

Excel を用いたものに変更させて頂きました。この変更は、Excel が持つ強力な検索機能がそのまま活用できるという点で CD-ROM 利用者の方への大きな利点になると思われま

す。また開催地側の実行委員会のメリットとしましては、作成が簡単であることがあげられます。特に、Excel の持つ強力な検索機能を活用するため、Web(HTML)形式では作成に非常に手間がかかる著者索引を廃止できたことは作業の短縮に大きく貢献しました。その一方で、今回も論文集としては、冊子版、CD-ROM 版と J-STAGE 版という計 3 つのものが混在しているという状況になってしまいました。この中で、次回以降は J-STAGE が利用できない状況になりますが、何らかの方法で web による論文集公開は行われるのではないかと予想されます。そのため、今後は冊子版、CD-ROM 版と web 公開版間の関係については早急に結論を出し、開催地の手間と気苦労を軽減する必要があると思われま

(春木直人, 野津滋, 島崎康弘)

5. 会場・受付

今回のシンポジウムを岡山でお引き受けするに当たり、もっとも懸念していたのが、講演会場の選定です。コンベンションセンターが JR 岡山駅に直結してあり、場所的には申し分はありませんが、公営ではないため費用面が問題となり他会場も検討しました。最終的には伝熱シンポジウム史上最も新幹線駅に近いと思われる利便性を最優先に考え、岡山コンベンションセンターを会場としました。部屋数は、講演室が 10 室確保でき、例年並とできますが、一部の部屋は狭いため、机を最小限とし椅子を多くするなど配置を考えるとともに、昨年度の札幌シンポでの各分野でのセッション参加者数を現場で実際にカウントし、分野ごとの部屋割りを検討して対応することとしました。

岡山シンポジウム当日は各室を見回って、椅子の追加などできるだけの対処は行いましたが、セッションによっては立ち見が出るなど一部の参加者にはご不便をお掛けしました。紙面にてお詫び申し上げます。一番大きな A 室は、最大で定員 300 名以上でしたので、過去の例では、特別講演会等や総会にも十分な大き

さで空席が多くでると想定していましたが、特別セッション、特別講演会や総会への参加者が非常に多くほぼ満席の状態

た。全体としては、講演室に加えて機器展示・休憩室や各種会議室など、本シンポジウムに程よい規模の会場であったと考えています。当方の要求に親身に対応していただいた岡山コンベンションセンターの担当者・荒川氏に深謝申し上げます。

受付は、京都や札幌でのシンポジウムを参考に事前申し込みの方には名札に領収書をクリップで添付する方式とし、受付での作業を少なくしたため、あまり混乱はありませんでした。ただ、1日目朝に受付が集中しないようセッション開始時間に差異をつけましたが、追加された朝一番の特別セッションは予想を超える 200 名以上のご参加をいただく盛況だったため、開始直前は受付待ちの列ができ少々お待たせいたしました。

会場の建物は、京都や札幌でのシンポジウム会場に比べてロビーの面積が小さいため、休憩・機器展示室は大き目の部屋を選定しました。結果的に機器・カタログ展示用の机 (14 社) も壁周りに程よく配置することができました。クロークについては、会期 3 日目には、参加者がホテルを引き払って来場されるため荷物が多くなることを予想し、荷物置き場面積を増やすなどの対応を考えていましたが、当日は予想以上の荷物が集まり、クローク係に加えて力がある学生数名を応援に追加し、汗だくで対処してもらいました。

会場・受付係などのアルバイト学生は、岡山大学と岡山県立大学の関連研究室にお願いしました。平日のため修士 1 年は講義があり、修士 2 年と学部 4 年生の学生が主体となりましたが、今年の一部の学生の就職活動が遅くなっており、その面でも対応が必要でした。事前に「岡山に良い印象を持っていただくよう最善を尽くす」「臨機応変に対応する」など心構えを伝えておりましたが、小生の見た限りでは学生諸氏は良く動き、各セッションで適切に対応してくれました。ここに感謝申し上げます。

(堀部明彦)

6. 東日本大震災に伴う福島第 1 原子力発電所災害特別セッション

企画担当：小泉安郎 (信州大学)、小澤 守 (関西大学)

東北地方太平洋沖地震に伴って福島第 1 原子力発電所において、4 基の原子炉で炉心溶融をも含

む大災害が発生しました。伝熱研究は原子力技術の社会への導入にともなって大きく進展をしてきた背景があり、福島第 1 原子力発電所の事象について、伝熱工学の知識を越えた現象があったか、今後検討を加えるべきことは何かなど検討すべき問題は多い。そこで問題の重要さに鑑み、第 48 回伝熱シンポジウム実行委員会 (稲葉委員長) のご協力の下で伝熱学会として緊急に本特別セッションの開催を決定しました。

開催日時：6 月 1 日 (水) 9:30~12:00

講演 (敬称略)：

『福島第一発電所の災害について；事故経緯，反省，今後の仕事』

石川 迪夫 (日本原子力技術協会 最高顧問)

『軽水炉シビアアクシデント時の現象』

森山 清史 (日本原子力研究開発機構 安全研究センター熱水力安全研究グループ 研究副主幹)

『原子力プラント開発と伝熱研究』

成合 英樹 (筑波大学名誉教授)

最後に総合討論『伝熱研究のあり方と残された問題』としてオーガナイザー (小澤守) から、伝熱学会として「福島第 1 原子力発電所災害に係る伝熱学会特別委員会」を設置すること、約 1 年程度で一応の提言を取りまとめることを報告しました。

緊急企画であることから伝熱シンポジウム実行委員会には大変なご迷惑をお掛けしました。当日は 200 名を超える (主催者側発表) 参加者を得て活発な討論ができました。企画担当者として、シンポジウム実行委員会及び参加者各位に心よりお礼申し上げます。

(小澤守)

7. 優秀プレゼンテーション賞セッション

本セッションは、本学会会員である学生や若手研究者をエンカレッジする場として、毎年、シンポジウムの間を借り、学生会委員会 (第 49 期、宮良明男委員長) が企画・運営しているものです。一般セッションへの参加を妨げない目的で、初日の午後に一般講演とは別に開催されました。

講演申込みは 38 件 (うち 1 件は講演取り消し) ありました。第 40 回シンポジウム (広島) から今回の第 48 回シンポジウム (岡山) まで開催された本セッションの平均発表者数が約 40 名ですので、決して少ない数ではありませんが、昨年度の 43

件と比較すると少し減少したことになります。

ショートプレゼンテーションでは、発表者は 3 分の発表時間で熱心に発表を行いました。コンベンションホールにて開催された 80 分のポスターセッションでは、工夫を凝らした素晴らしいポスターを使い、真摯かつ熱心に自分の研究を説明していました。各ポスターの前ではセッション終了時間を過ぎても活発な質疑討論が行われ、会場の都合で退出をお願いしなければならないほど盛況でした。

発表について審査員スコアおよびポスター会場における投票により、学生会委員会にて慎重かつ厳正に検討した結果、Torres Juan Felipe (東北大学)、矢吹 智英 (明治大学)、川瀬 友宏 (東京理科大学)、佃 一樹 (慶應義塾大学)、志賀 拓磨 (東京大学)、岸本 将史 (京都大学)、以上敬称略/順不同、の 6 名が優秀プレゼンテーション賞を受賞しました。受賞者は、シンポジウム 2 日目に開催された学会総会において、稲葉シンポジウム実行委員長より表彰を受けました。惜しくも受賞に至らなかった発表者も全体的に非常に良い発表をしていました。今後もより多くの方々が本セッションに参加されることを期待しています。

末筆ながら、お忙しい中、困難な審査を長時間にわたりこなしていただいた審査員の皆さまに、そして多大なご協力を頂いたシンポジウム実行委員会に、この場を借りて厚く御礼申し上げます。

(学生会委員会 巽和也)

8. 特別講演

日本伝熱学会創立 50 周年記念特別講演が、講師に第 33 期会長である中山恒先生をお迎えし、「伝熱学会 50 年：回顧と展望」と題して、伝熱シンポジウム 2 日目 (6 月 2 日) の午後に岡山コンベンションセンター大ホール (A 室) にて、約 300 名の参加者のもとで行われました。中山恒先生は、日本伝熱学会の前身である日本伝熱研究会の創成期から関わりをもっておられ、私共伝熱研究者の大先輩であります。また、中山先生は、東京工大の森康夫先生の研究室出身で、曲がり円管の強制自然共存対流熱伝達に関して、第 1 回日本伝熱シンポジウムにて講演発表されています。その後、中山先生のご研究で有名な業績は、狭い開孔を有する内部空洞伝熱表面による沸騰熱伝達の飛躍的

促進や高密度実装のための放熱技術の新展開において国内外から高い評価を得られております。中山先生は、The ASME Heat Transfer Memorial Award (1992 年) 等数々の賞を受賞されております。

中山先生のご講演は、まず日本伝熱研究会創成期の研究動向紹介で、「抜山曲線」に関する回想をしながら、当時の研究状況の説明が行われました。続いて、日本伝熱研究会から日本伝熱学会にわたる会員数が増加している 2000 年位までは、伝熱研究の量的拡大期として「右肩上がりフェーズ」と名付けて、この期には石油化学製品、原子力発電量、エアコン生産量そしてコンピューター生産台数の増加と相関関係があることを述べられました。その後、伝熱学会員数や各種産業生産量の増加が認められなくなり、伝熱研究テーマも拡散と多様化を伴う水平安定期を「フラットフェーズ」と命名されました。現在の「フラットフェーズ」では、新材料開発、バイオテクノロジー、高速高機能電子デバイスやナノテクノロジー等の新分野や複合分野で、伝熱研究の質が重要であり、質の拡大が伝熱研究者に課せられた使命であることを強調されました。さらに、質の拡大には、他分野の研究者との学際的交流等から伝熱テクノロジーの飛躍としての不連続点や特異点を超越することが必要であり、その交流の場として伝熱シンポジウムの重要性に言及されました。このような特別講演は、新しい時代を担う伝熱研究者にとって非常に貴重なものであり、本伝熱シンポジウム実行委員会として中山恒先生へ心から感謝を申し上げる次第であります。

(稲葉英男)

9. 懇親会

懇親会は、コンベンションセンターに隣接する岡山全日空ホテル 1 階「曲水」で、総会終了後の移動時間を気にすることなく、ほぼ定刻に開催できました。

はじめに稲葉実行委員長と笠木会長からご挨拶をいただき、菊地広島大学名誉教授による乾杯音頭の後、約 50 分間の懇談と会食に移りました。その後、「伝熱シンポジウムの過去・現在・未来」と題して、中山元会長、円山学会企画部会長、宮崎康次氏から貴重なメッセージを頂き、ついで恒例の学会賞受賞者から希望に満ちた挨拶が寄せられ

ました。最後に、次回シンポジウム担当の石塚委員長と学会創立50周年記念伝熱セミナー担当の大久保先生によるご案内の後、林前会長による閉会宣言で予定通り8時に終わりました。

参加者303名は事前予測310名と概ね一致しました。『料理の量をどうするか』につきましても、スポーツ系や音楽系団体における同規模の懇親会を担当した経験者に、シンポジウム懇親会参加者の人数や年齢構成、過去の状況等を伝えアドバイスをいただきました。それらの中で、「男性の方はお酒が入ればお料理を召し上がりません」がとても参考になり、料理280名分と、B級グルメの「児島のたこ塩焼きそば」50食の準備でもって、シンポジウム懇親会に固有な食料事情を乗り切りました。

私自身、シンポジウム懇親会への参加は約20年ぶりですが、しかも進行担当ではあったものの、参加された皆様はもとより、稲葉実行委員長と堀部事務局長による正確無比な参加人数予測のお陰によってスムーズな運営ができたことに厚く御礼申しあげます。最後になりましたが、不慣れなせいか料理や地酒の紹介も怠ってしまいました。ここにホテル提供メニューを添えさせていただきます、お詫び申し上げます。

(野津滋)

M E N U

～ 冷製料理 ～

鱈の桜マリネとノルウェースモークサーモン 春野菜添え

ママカリのこぼ茶マリネと春キャベツのマリネ

鮭と鳥賊 アボカドのタルタル

蛸と青ネギの酢味噌掛け

吉田牧場のチーズとチーズ盛り合わせ

～ 温製料理 ～

岡山漁港の魚介のポワレ ブイヤベース仕立て

海老と 帆立貝のフリカッセ 小野菜添え

冬瓜鶏そぼろあんかけ

鯛のムース重ね蒸し 海老とにし貝のフリカッセ添え

近海スズキのバイ包み焼き ショロンソース

乳飲み仔牛のロースト 煮込み野菜添え

仔羊腿肉のロースト ブルーチーズのソース

鴨胸肉のソテー フォアグラと野菜のフリカッセ添え

海老飯

握り寿司桶盛り

鰻のミニ丼

武蔵そば

季節のフルーツ

デザート取り合わせ

コーヒー

千屋牛腿肉のローストビーフ カービングサービス

B級グルメ 児島のたこ塩焼きそば +50食

10. 岡山シンポジウム後記

稲葉実行委員長のもと、なんとか無事にシンポジウムを終了することができました。これも偏に、色々にご教授・ご協力頂いた学会理事会・企画部会の皆様、昨年の札幌シンポジウムの近久先生、田部先生、山田先生など実行委員の方々、学会事務局、機器・カタログ・広告に協力して頂いた企業様、本シンポジウム実行委員会の皆様、関係業者の方、アルバイト学生諸氏、そしてなにより参加していただいた皆様のおかげであり、心より感謝申し上げます。

正確な集計は現在行っているところですが、招待者も含めると約750名のご参加をいただきました。過去のデータより予想していた数字とほぼ同じであり、伝熱関係研究者・技術者が本シンポジウムに継続して熱心に参加されることが表れたものと思います。

今回は準備中に東日本大震災があり、シンポジウム開催も危ういのではないかと心配しておりましたが、東北の皆様の状況を気にしつつ、実行委員会としては着実に準備を行うことを心がけました。学会本部で企画された東日本大震災に関する特別セッションの追加など日本伝熱学会からの社会への発信のお手伝いできて非常に光栄に思っております。

岡山では、多くの熱関連学会の全国大会等をここ10年程の間に開催しており、実行委員会の幹事役を仰せつかるのは6、7回目となります。伝熱シンポジウム規模の講演会は初めてでしたが、多少は経験があるため当初はまだまだ時間があると考え余裕を持っていました。しかし、昨年12月頃からは、各種交渉の詰めやプログラム作成など種々の締め切りに追われて、オーバーフローしながら準備を進めてきました。現在のところ、細かなミスはあるものの、大きな問題はなく終了し肩の荷が下りる思いです。できれば本原稿を書くのが、終わってすぐの今ではなく、会計や礼状送りなど全てが片づき「ほっと」した状態でならばより良かったのですが、いまだ「Hot」な状態が継続しております。本シンポジウムには、毎年発表者等の立場で参加していますが、これまでの47回の実行委員の皆様のご苦勞に思いを馳せ、深く敬意を表します。

中国四国地域は、各県が多少離れていますので、

岡山近郊の実行委員の方には種々の役割をお願いし、他県の実行委員の方には当日の会場担当として色々ご配慮いただきました。また、企業所属委員の方には広告や機器展示の面でもご尽力いただきました。本シンポジウムの実行委員の表を末尾に示し、皆様に深謝申し上げます。当初、極少数精鋭で乗り切ろうと考えておりましたが、当方の準備がパンクしそうな際に多くの方にご協力いただきました。最後に、今回の面倒な仕事の半分以上を担当し黙々と準備をしていただいた岡山大の春木准教授に心よりの感謝を表します。

シンポジウム中に撮影しました写真を、本シンポジウムホームページに掲載いたします。あまり良く撮れていないようですが、思い出の一助として見ていただければ幸いです。参加された皆様に岡山シンポジウムが、「まあまあ良かったのではないか」と思っただけであれば非常な喜びです。ホームページアドレス：

<http://heat6.mech.okayama-u.ac.jp/nhts2011/index.htm>

(事務局長 堀部明彦)

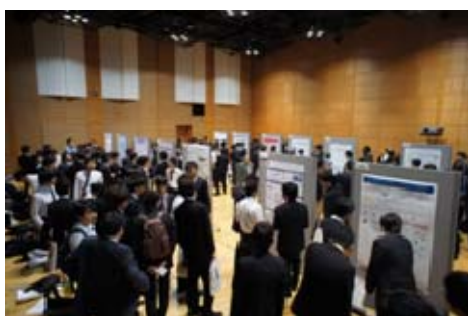


稲葉実行委員長

第 48 回日本伝熱シンポジウム実行委員会	
委員長	稲葉英男 (津山工業高等専門学校)
事務局長	堀部明彦 (岡山大学)
委員	井上修平 (広島大学) 加藤泰生 (山口大学) 苅部建太 (JFE スチール(株)) 島崎康弘 (岡山県立大学) 下村信雄 (新居浜工業高等専門学校) 下山力生 (岡山県工業技術センター) 末包哲也 (徳島大学) 高津康幸 (呉工業高等専門学校) 田中 收 (三浦工業(株)) 田之上健一郎 (山口大学) 中原真也 (愛媛大学) 野津 滋 (岡山県立大学) 野村信福 (愛媛大学) 橋本律男 (広島大学) 春木直人 (岡山大学) 松村幸彦 (広島大学) 丸本隆弘 (パブコック日立(株)) 森田慎一 (米子工業高等専門学校)



講演会場



優秀プレゼンテーション賞
ポスターセッション

伝熱学会 50 年：回顧と展望

*The Heat Transfer Society of Japan, the Fiftieth Anniversary:
Retrospect and Prospect*

中山 恒 (名誉会員)

Wataru NAKAYAMA (Honorary Member)

e-mail: watnakayama@aol.com

1. はじめに

岡山での第 48 回日本伝熱シンポジウムにおいて、本会創立 50 周年を記念する行事の一環として講演する機会を与えて頂いた。講演に期待される内容は、半世紀にわたる伝熱学会の歩みを顧みることにあるかと考えた。しかし、この期待に応えるのはかなり難しい。何しろ半世紀をかけて本学会が積み上げてきた知的資産は膨大であり、その全体像を時系列で捉えることは個人の能力を超える作業である。また、日本伝熱研究界の発展は多くの先輩、筆者と同年代、さらに現世代の方々の尽力の賜物である。日本の伝熱研究が産み出した歴史的成果は数多くあり、これらを列挙することは矢張り一個人の能力を超える。そこで、あらかし次のように話を纏めることにした。

(1) 先ず、日本の伝熱研究が生んだ成果のうち、初期のトピックスの一つを選び紹介する。また、若い世代の会員諸君に初期の雰囲気や伝わるよう試みる。

(2) 伝熱学会の成長を産業発展の推移と照らし合わせ、伝熱研究をとりまく環境について考える。

(3) 伝熱研究における筆者個人の経験を顧みて、時代を経ても変わらないこと、大きく変化したことを考える。

(4) 伝熱研究と学会の将来について筆者なりの考えを述べる。

従って、ここに述べるのは包括的な伝熱学会史ではなく、筆者個人の回想と考察である。

2. 初期の伝熱研究界：「抜山曲線」に関する回想

伝熱学会の前身である伝熱研究会は昭和 36 年 (1961) に発足した。研究会の創設者は筆者らの恩師の年代に属し、いずれも当時学生であった身には雲の上の存在の先生方である。従って創設の経緯を身近に見聞する由もなかった。幸い、創立 40 周年を記念して河村洋先生が編集された「伝

熱」特集号[1]がある。同特集号は歴代会長の写真と記事を収録しており、学会創設にあられた先生方について知ることが出来る。そのなかに、小笠原光信先生 (11 期会長) が書かれた「日本伝熱研究創設の頃」があり、これを以下に引用させて頂く。

“36 年 (昭和) 頃のことでしたか、東京の先生がたから、伝熱の研究会を作ろうではないか、とのお誘いを頂いたので、たしか京大の佐藤 (俊) 先生と共に上京しました。そこには、機械学会の伝熱の分野で存じあげている比較のお若い先生方が各地からお集まりでした。このような打ち合わせ会が何回開かれたか、覚えていませんが、これによって「日本伝熱研究会」を作ろう、そして初代会長には小林明先生 (当時、豊田中央研究所取締役所長) にお願しようということになり、先輩の先生を先頭にして、数人で、ゾロゾロと小林先生のところへお願いに伺ったことを懐かしく思い出しています。” (括弧内は筆者の補足)

さて、学会のその後の成長は後に触れることにして、ここでは日本の伝熱研究が学会創設時に得ていた国際的ステータスを記しておきたい。当時、多くの先生方がフルブライト資金などにより米国で研究する機会を得ており、米国の著名な研究者の知己を得ていた。このような人的交流を通じて日本の伝熱研究は世界に知られることになった。なかでもシンボリック的存在であったのが沸騰伝熱の「抜山曲線」であろう。抜山曲線 (図 1) を産み出したのは東北大学の抜山研究室で行われた実験で、実験時期は 1929—1933 年、機械学会誌に発表されたのは 1934 年のことである。これが第二次大戦後間もなくして一躍脚光を浴びることになった。その間の事情は抜山四郎論文集[2]に棚澤泰先生 (4 期会長) が記されている。先ず、伝熱研究の先駆者であった Max Jakob 教授が、1949 年に著し当時伝熱の標準的教科書にもなった HEAT

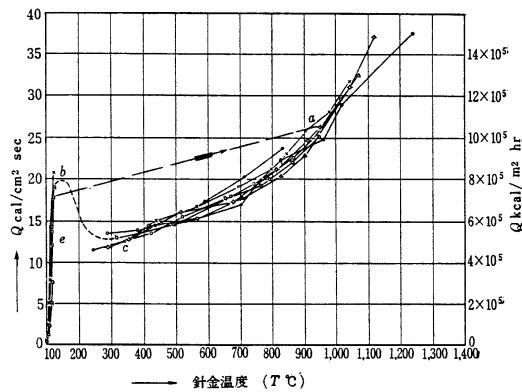


図 1.14 $d=0.14\text{ mm}$ の白金線による Q_{\min} 以上の部分の測定結果

図 1 抜山曲線：0.14 mm 径の白金細線を用い得られたオリジナルデータ

TRANSFER[3]の中で、世界で初のデータとして紹介した。さらに、米国で始まった沸騰水型原子炉の開発に重要な技術資料として注目された。

抜山四郎先生（2 期会長）は 1968 年日本人研究者として初めて Max Jakob Award を受賞された。Minnesota で開催された National Heat Transfer Conference に当時カナダに滞在していた筆者は参加する機会を得、Awards Luncheon の壇上で受賞される先生を同じ日本人として誇らしく見上げたのを思い出す。

その後、筆者には「抜山曲線」誕生の詳細を学ぶ機会が訪れた。1991 年の日米熱工学合同会議で History Session が企画され、Nukiyama Curve に関する話をするようにと依頼された[4]。抜山四郎論文集[2]は講演内容を纏める際にたいへん参考になった。歴史的成果を齎した要因は次のように纏められる。その一は試片に高融点を有する金属の細線を用いたことである。細線は体積に比べ広い表面積を有するから、通電加熱により発生する熱が除去され易く、細線中心の温度上昇は低く抑えられる。しかも、白金などの高融点材料を用いれば熔融断線する確率を低く抑えることが出来る。こうしてバーンアウト点温度より高い過熱度範囲の沸騰曲線を実験的に捉えることが出来た。根底を成すコンセプトは誰もが考えつくものと思えるが、‘誰か’の前には誰も思いついていない。多くの歴史的発明や発見に共通して見られることである。その二は粘り強い努力である。理屈の上で明

らかに実現できることであっても、実際に確かめるには粘り強い努力が必要である。実験助手の方がたいへん苦勞されたことを伺わせる記述が上記文献[2]のなかにある。さらに、同論文集[2]に載っている棚澤泰先生の述懐には、研究と実際技術への応用との関連について考えさせられるものがある。「抜山曲線」を産み出した研究は科学的興味のみに基づいたもので、応用に関する考慮は無かったそうである。そのためもあってか発表当初は研究成果に誰も注意を払わなかったと述懐されている。1930 年代と云えば、海軍艦船のボイラー性能向上が大きな命題であった時代であるが、沸騰現象の詳細とボイラー性能との関連を一つの視野に収めて、基礎研究の成果を実際に活かす技術者が育っていなかったのであろう。基礎研究成果の産業界へのフィードバックは今日の伝熱学会にとっても大きな課題である。

3. 統計データに見る伝熱学会を取り巻く環境

図 2 に本会会員数の推移を示した。2000（平成 12）年の会員数に対する比で示してある。1990 年代後半からの水平安定傾向が明らかである。これまでの、及びこれから予定されている主な行事等は下記の通りである。

- 1961 年 伝熱研究会創立
- 1964 年 第 1 回伝熱シンポジウム（京都）
- 1974 年 東京における国際伝熱会議（第 5 回）の開催
- 1991 年 新名称「日本伝熱学会」
- 1995 年 社団法人資格を取得
- 2012 年 新法人への移行[5]
- 2014 年 京都における国際伝熱会議（第 15 回）の開催

さて、会員数の推移を幾つかの統計データ[6]と照らし合わせてみる。図 3-5 に示す何れの統計データも 2000 年の値との比にしてある。図 3 には日本の総人口曲線を会員数曲線に重ねてある。総人口は、その国が産業経済や教育などさまざまな活動領域で達成し得る規模を規定する。会員数の推移は人口の推移と無縁ではないだろう。

図 4, 5 では伝熱研究に深い関連を有する産業の統計データを会員数曲線と比べてある。原子力

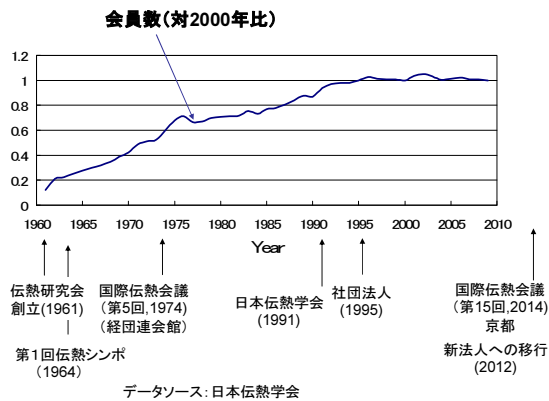


図 2 本会会員数の伸長傾向（2000 年の会員数（1376 名）との比）および主な出来事

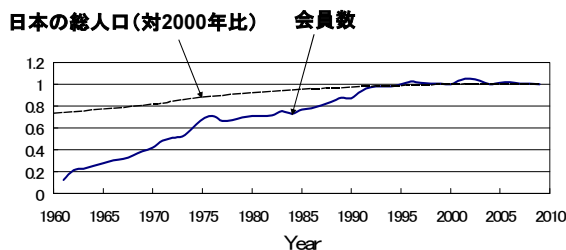


図 3 会員数と日本の総人口の推移（2000 年のデータとの比）

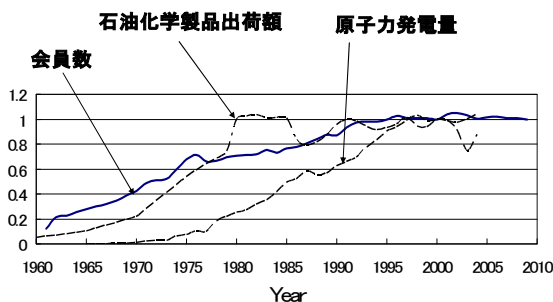


図 4 会員数の推移と工業統計の比較－1：石油化学製品出荷額と原子力発電量（対 2000 年比）

と石油化学の産業は大規模システムを用いる基盤産業で、大規模システムの開発設計には基礎研究成果の集積を必要とした。例えば先に触れたように、沸騰水型原子炉の開発には沸騰伝熱に関する

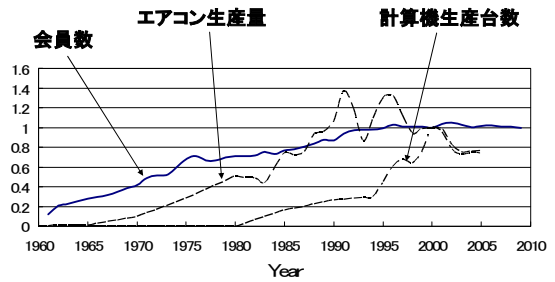


図 5 会員数の推移と工業統計の比較－2：エアコンと計算機の生産データ（対 2000 年比）

基礎データが必要であった。石油化学プラントは大規模熱交換システムであり、その設計には対流伝熱を始め各種の伝熱機構に関する基礎的知見を必要とする。第二次世界大戦後に先進国を中心に進められたこれらの産業の推進は、我が国においても国策の一環となった。関連する基礎研究体制の充実に力が注がれ、大学における伝熱研究室と研究者、伝熱研究室から単立ち企業の技術陣に加わる人の数は増加した。1960 年代から 70 年代に見られた会員数の増加は、この時期の技術者人材の供給を反映していると考えられる。図 4 には原子力発電量と石油化学製品出荷量の曲線を示してある。勿論、電力供給に占める原子力発電の割合は大きくなく、電力供給の大半は今日でも火力発電が担っている。また、伝熱研究室卒業生で原子力産業や石油化学産業に就職した人の割合は大きくはないであろう。従って、図 4 の曲線は我が国の電力供給量の伸びと、大規模システムに支えられた基盤工業全般の成長を象徴する例と理解して頂きたい。会員数の増加は基盤工業の成長と関連していると理解してよいであろう。

電力供給が安定すると、電力を消費する産業の成長を促す。1970 年代から急速に普及した冷凍と空気調和のための機器はその代表である。図 5 にエアコンの生産量統計を示してある。冷凍空調用熱交換器に関する研究は伝熱研究の主要テーマの一つになり、とくに我が国の研究が生み出した伝熱促進技術は熱交換器に顕著な小型化、ひいては製品競争力の強化を齎した。冷凍空調産業の成長を支えた技術陣には伝熱研究室の卒業生が多い。また、伝熱学会の法人会員に主要な空調機メーカーが加わるようになり、伝熱研究の産学連携が強化

された。さらに年代が進むと世界は情報化時代に入った。トランジスタと集積回路の発達は大型計算機の開発を促す一方、電卓をはじめとする民生用電子機器を普及させた。電子機器の発熱問題は 1980 年代の大型計算機で深刻になり、高性能冷却法の研究を促した。その後、民生用機器と専門家用の上位機器との距離が狭まり、パソコンが普及する一方、携帯機器、自動車などで顕著に見られる内蔵電子機器の高機能化が進められ今日に至っている。発熱問題は多様な電子機器で発生し、電子機器の熱問題に関する研究は主要な研究領域の一つになっている。図 5 には我が国における計算機生産台数のデータを示してある。会員数曲線と対比して見ると、電子機器の熱問題が顕著になった頃には伝熱技術者の数はこれに対応できるレベルに達し、人的インフラストラクチャーは整っていたと云える。

さて、図 3-5 の何れも、2000 年以降は各種統計指標の量的増加は殆ど無いことを物語っており、曲線は概ねフラットになっている。工業製品の場合は海外生産への移行も一因であるが、経済成長の鈍化が主要因であると考えられる。会員数の推移に見られる傾向は伝熱学会に限ったものではなく、基盤学術研究領域の多くの学会に共通している。この傾向に「頭打ち」とか「停滞」と言った悲観的形容詞を被せるか、「水平安定化」「低成長」と言ったやや楽観的形容詞を被せるかは議論を呼ぶところである。ここでは悲観でも楽観でもない無機的用語を用いたい。しかし、適当な用語を思い当たらないので、勝手に「フラットフェーズ」なる言葉を用いることにする。これに対し、1960-80 年代を「右肩上がりフェーズ」の時期と呼ぶことにする。伝熱学会と伝熱研究のこれからの考える際の留意点を以下のようにまとめた。

(1) 「右肩上がりのフェーズ」に戻ることはないだろう。会員数の低下を防ごうと努力されている先生方や企業会員の方々には呑気な言葉を記し申し訳ないが、ここでは伝熱研究に対する影響を考えてみたい。「右肩上がりのフェーズ」では伝熱研究のミッションが明確であった。即ち、大規模システムの建設を失敗させないために、伝熱現象に関する理解を深めることである。大規模システムの開発には長い年月を要するから、研究テーマは長期

的視野のもとに設定できる。研究資金の供給も安定していた。研究体制としては階層構造が適しており、大学では講座制が機能してきた。講座では師から弟子へと研究テーマと手法の伝承が行われ、知的資産が蓄積された。研究は熱伝導、対流、相変化、ふく射など現象別に分類され、現象別の深い知識を有する専門家が育てられた。学会の発表会におけるセッションも現象別に構成されてきた。「フラットフェーズ」に入った今日、研究システムは環境の変化に対応するように変わっていかざるをえない。とは云え、「右肩上がりのフェーズ」の研究システムの良い面を残す工夫も求められている。長期的視野で研究を進めることを許すメリットは残したい。また、これまでに蓄積した知的資産を忘れ去ることなく効果的に伝承するシステムも必要であろう。

- (2) 「フラットフェーズ」の特徴は研究テーマの拡散と多様化である。上記の会員数統計が象徴する傾向を「頭打ち」と捉えるのは、「右肩上がりフェーズ」での見方である。量的拡大に価値を置く時代は去った。数量統計では表し得ない質的拡大に価値を見出す時代になったのである。質的拡大とは何を意味するのだろうか。この問いに対する手がかりを得るために節を改めて考察を進めたい。

4. 新時代の伝熱研究

表 1 に「右肩上がりフェーズ」と「フラットフェーズ」に見られるいくつかの対比事項を纏めてみた。これらの事項に関する考察を以下に記す。

- (1) 伝熱研究に対するニーズと研究における重点：前節で述べたように、「右肩上がりフェーズ」では重工業インフラストラクチャーの整備が伝熱研究に対するニーズの主なものであった。今日、大規模システムに関する技術課題には依然として大きなものがある。複雑化する巨大システムの信頼性を保証する課題であり、材料、伝熱、制御、信頼性など多様な基礎工学と経済、環境、などの社会的要因に関する検討を総合して解決しなければならない。物理現象の理解を追求する伝熱研究は大きな研究プログラムシステムのなかの一部分である。「フラ

表 1 伝熱研究に対するニーズの移行が齎す変化

フェーズ	「右肩上がり」	「フラット」
ニーズ	重工業インフラの整備	新科学技術分野の展開
重点	物理現象の解明	複合科学技術体系へのインテグレーション
研究成果のユーザー	「伝熱」を知っている技術者	「伝熱」をよく知らない技術者の割合大

「右肩上がりフェーズ」で顕著に見られる傾向は、様々な技術分野で伝熱研究に対するニーズが強まってきていることである。新材料開発、新エネルギー開発、バイオテクノロジー、高速高機能電子デバイス、ナノテクノロジー等々、関連する研究に既に取り組んでいる会員の方は多い。これらの応用分野で強いインパクトを与える研究成果を生むためには、応用対象に関するある程度の知識が伝熱研究者の側にも必要となる。例えば電子デバイスの熱問題に関する研究の場合、デバイスの電気特性と温度との関連、電子回路と伝熱経路との関連を理解したうえでテーマ設定をする必要が生じている。このような複合技術分野での適用が、伝熱研究に対するニーズの主なものになってきた。適用分野でのインパクトの大きさが先に述べた「研究の質」であり、多様な適用対象に対し「質」の高い研究成果を生むことが「質の拡大」と云えよう。

- (2) 研究成果のユーザーと成果伝達の難易度：
 「右肩上がりフェーズ」では、企業で研究成果の受け皿となる技術者の多くは伝熱研究室の出身者であった。大学の研究者とはよく知悉した間柄である場合が多く、研究成果の伝達が容易な環境であった。伝熱学会はそうした仲間の集まりであったし、この性格は今日まで受け継がれている。「フラットフェーズ」では他の専門分野の技術者とのコミュニケーションが必要である。研究成果の受け皿である相手の伝熱に関する知識は必ずしも十分でない。専門的内容を間違えなくしかも効果的に伝える方法が求められる。これは他分野から伝熱研究者へ研究ニーズを伝える際にも求められることであ

る。異種分野の研究者や技術者間のコミュニケーション力が 21 世紀の技術革新の鍵を握っている。既に米国ではコミュニケーション力の涵養を、工学教育の柱の一つにするようにとの勧告がなされている[7]。

5. 研究随想

さて、話題を一転させて筆者自身の最初の伝熱研究について述べたい。但し、懐旧の念に浸る意図は無く、半世紀を経て変わらなかったことがら、大きく変わったことがらを顧みるためである。筆者が東京工業大学機械工学科、森康夫研究室に入ったのは伝熱学会創立年と同じ昭和 36 年(1961 年)である。森康夫先生(17 期会長)はフルブライト研究生として滞在されたコーネル大学での研究を終え、帰国されたばかりであった。先生は平板境界層流れにおける浮力の影響を解析により明らかにされ、米国で注目を集めた。強制対流に対する浮力の影響は管内流にも現れ、水平に置かれた円管の場合、管断面内で渦巻状の二次流れとして表れる。この問題に関しては英国の Morton により解析解が得られており、1958 年に発表されていた[8](図 6)。森先生から最初に修士課程テーマとして頂いたのは Morton の解を実験的に確かめることであった。

数センチ径の長い円管を水平に置き、整流した空気流れを送り込んで測定しようとした。先ず、加熱をしない状態での Poiseuille 流れを確かめようとした。しかし管軸に関して対称であるべき流

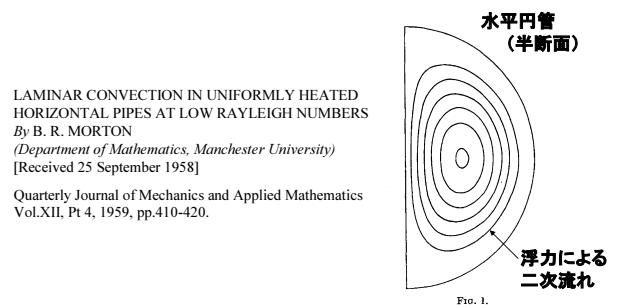


図 6 水平の置かれた円管内で浮力の効果により生じる二次流れ

度分布がどうしても得られない。管がまっすぐでないことの影響か、送り込んだ空気と管壁の間に既に温度差があって二次流れが発生しているためか、などいくつかの原因が考えられた。しかも、流れを層流に保つために風速を抑えなければならず、微風速の測定にてこずった。文献で見る米国の同種の実験装置は堅固な建物の中に整然と置かれており、隙間風が入っては風速計の指示をふらつかせる当方の実験環境とは天地の違いだった。修士課程の1年を過ぎた頃、このままではどうなるかとたいへん心配になった。

そこで二次流れが顕著に捉えられるのは曲がった管ではないかと思いついた。図書館の中の書架の間を徘徊して見つけたのが Adler の論文[9]である。曲円管内の流れに関しては既に Dean が解析を行って[10]、後に Dean 数と呼ばれることになった無次元数を導いていた。しかし Dean の解は、管軸の曲率半径が管径に比べて極めて大きな場合にのみ適用できる摂動解であった。これに対し Adler は実際の螺旋管出口に見られる速度分布から流れのモデルを考えていた(図7)。モデルの目新しさは、境界層流れの概念を管内の十分発達域に適用したことにある。粘性の影響は管壁近くの薄い領域に限られ、管内の殆どの領域での運動量バランスは二次流れと主流との慣性干渉により保たれる。これは面白い考えだし、実験結果も確実に得られそうだった。森先生に「テーマをこれに変えたいのですが」と恐る恐る相談に上がったところ、先生は一言「いいだろう」と言ってくださった。水平円管の実験は愛媛大学から内地留学に来られた二神浩三先生(2010年、故人になられた)が担当することになり、二人で実験環境の改良をした。実験室内にさらに新たに小部屋を作ってもらい共通の計測スペースとし、小部屋の外にそれぞれの装置の整流部分を並べて設置した。

解析では Adler の流れの解析が複雑であったので、あらためてやり直した。Adler 解析では境界層内の流れを詳細に求めようと、級数展開を行っている。流れモデル自体が含む近似度に比べ、級数展開により詳細解を求めるのは不釣合いに思えた。そこで、境界層内の運動量と熱バランスにプロファイル法を用いることにした。その結果、摩擦抵抗係数とヌセルト数を、Dean 数とプラントル数の関数としてコンパクトな相関式にまとめるこ

M. Adler, Strömung in gekrümmten Röhren
ZAMM, Band 14, Heft 5, 1934, pp.257-275.

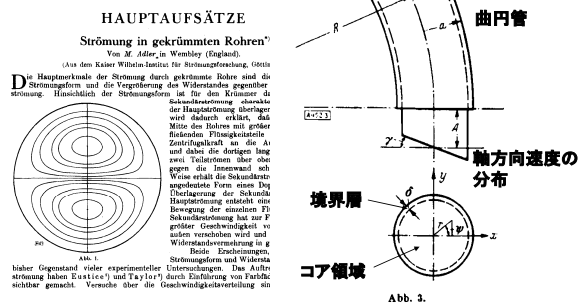
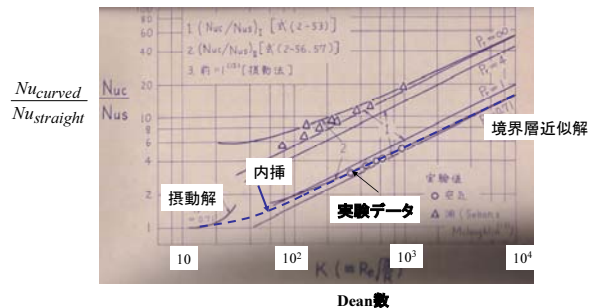


図7 曲円管内に発生する二次流れ



中山 恒: 曲円管内強制対流熱伝達に関する研究、東京工業大学博士論文、昭和41年3月

図8 曲円管内の強制対流熱伝達：層流域における伝熱促進効果

とが出来た。この手法によれば層流域の解析のみならず、乱流域の解析も可能となり、実験による確認も広いパラメータ範囲で行えるようになった。

層流域の結果を長崎における機械学会講演会で、乱流域の結果を京都で開かれた第1回日本伝熱シンポジウム(1964)で発表した。さらにこの手法は二次流れを伴う様々な管路の解析に適用できた。回転する管路、水平円管(二神先生)、電磁流体流路内の流動と伝熱の解析をし、一連の論文にまとめて発表した。

図8は筆者の博士論文[11]からコピーした図で、Dean 数を横軸に、曲管内と直管内のヌセルト数の比を縦軸にとってある。境界層近似解は Dean 数の大きな領域での漸近解で、Dean 数の小さな領域での漸近解は Dean の摂動解である。両極の漸近解を結ぶ内挿公式を導き、実験データと比べてと

ころ良い一致を見た。さらに他の研究者が発表していた油のデータも説明することが出来た。

大学院で学んだ森先生の多くの教えは、今日に至るまで筆者が研究を進める際の指標となっている。その中の一つを取り上げるとすれば、研究を始める際の戦略の立て方である。研究対象の物理モデルを構築する際、関連するパラメータが極端に大きい状況と極端に小さい状況を考える。極限状況を想定すると解を求めやすくなり、実際に役立つ知見は両極の漸近解を結ぶ内挿から求められる。摂動解と境界層近似解の内挿から曲管内熱伝達の実用公式を導いたのが最初の適用経験であった。今日では数値流体解析ツールが発達し、数値シミュレーションによる解析が主流になっている。二次流れを伴う管路内の熱伝達に関する問題は最近でも時折取り上げられているが、発表される内容の殆どは数値シミュレーションの結果である。数値シミュレーションのみに頼る研究の功罪はさておき、解析解の内挿あるいは外挿から求まるコンパクトな相関式は特に企業の設計現場で今日でも重用されている。曲管内熱伝達の相関式は「森・中山の式」と呼ばれ、現在も伝熱工学資料 [12] に載せてもらっている。

さて、研究の進め方に関するコンセプトのように半世紀を経ても価値を失わないものがある一方、大きく変わったことも多い。先に述べたように、伝熱研究に対するニーズと研究環境の変遷がある。身近なことでは研究と研究発表に用いるツールの変化が激しい。数値流体解析ツールの発達は、筆者らが学生時代に使った「手回し計算機」を骨董品にしてしまった。低流速の流れ場の計測には画像処理を用いる PIV 計測が登場した。文献を探すのに図書館へ行く必要が減り、インターネット検索が常用手段になった。図 8 の学位論文ページのコピーは湿式転写である「青焼き」の例で、輪講などで用いる文献も青焼きコピーであった。間もなくゼロックスコピーが登場、今日では pdf が主要なコピー形態になった。かつて講演発表には大きな紙に式や図などを墨書し、紙の束を丸めて会場へ運び、講演では竹の棒を使って紙をめくっていた。ほどなくスライドや OHP が登場、今日ではパワーポイントを用いる発表形態が標準になった。論文の投稿、査読、校正に至る一連のプロセスもインターネット経由で進められるようになった。

これらの変化は大きな加速度をもって進んでおり、思い起こせる変化のかなりのものが最近の 10 年の間に生じている。

6. これから

研究に用いるツールや研究結果の伝達ツールは研究者にとって重要で、これらがより強力になる、あるいは効果的になることは大いに歓迎すべきことである。一方、ツールの発達が発達が研究者の思考に与える影響には無視できないものがある。特に、最近のテクノロジーは視覚効果を強めることに重きを置いており、測定器のディスプレイ、数値シミュレーション結果の表示、パワーポイントの画面などは時と共に鮮やかに且つ詳細になってきている。視覚効果などは研究の本題と比べれば瑣末なことに見えるが、実は無視できない副次効果がある。データや解析結果の信頼度をアピールする効果である。この効果は「伝熱をよく知らない」他分野の研究者や技術者、さらに研究資金配分の任にある行政機関の担当者や企業の管理者を説得するのに重要である。一方、視覚効果の強化は研究結果の信頼性に関して幻想を抱かせる弊害も齎す。この弊害が研究者自身に及ぶと、自ら得た研究結果に十分な検証を加えなくなる。より深層に及ぶ効果は、常に新しい刺激を求める性向が助長され、一つの課題に執着する時間が減ることである。こうした傾向は研究のみならず、私達の日常生活でも進んでいる。生活や仕事のペースは速まっており、同時に多数の仕事こなす、いわゆる **multi-tasking** が当たり前の時代になった。**Multi-tasking** が人の脳の発達に及ぼす影響について研究が進められているとのニュースを聞いたことがある。どのようなことになるか想像し難いが、これからの世代の伝熱研究者はこれまでの世代とは異なる思考様態を有する人たちであろう。

テクノロジーの発達に牽引された変化は加速し、このまま時代が進むとどうなるか。生活の便利さ、医療の進歩など更なる利得が期待される一方、エネルギー需給の逼迫や地球環境の保全等々、進歩を阻む制約の壁が大きく迫ってきた。こうした懸念事項は周知のことで、ここに改めて詳説する必要はないだろう。これらの課題を克服するためのテクノロジーの更なる進歩が求められており、失敗すると世界は混乱に陥り文明社会の衰退にまで

至るシナリオも見えてくる。テクノロジーで破局を防ぐことが出来るだろうか。実は既存のテクノロジー自体にも制約の壁が見えてきており、壁を打ち破るべき時が刻々と迫っている。伝熱研究と関連が深いエネルギー開発、環境保全の領域での技術課題はよく知られている。ここでは筆者の近年の研究領域である電子技術にとっての障壁に触れておこう。

スーパーコンピュータは伝熱研究を含むすべての科学技術の発達に欠かせないツールになった。このため、スーパーコンピュータの性能向上は国の科学技術の将来を左右する重要課題とみなされるようになった。スーパーコンピュータの演算速度向上は国際競争になっており、つい最近中国のコンピュータが一位になった。事業仕分けにおける「何故一位でなくてはいけないのでしょうか？」との問いには科学技術界はもとより世間一般からも反発が寄せられたことは記憶に新しい。ここで留意すべきは、今日の競争が既存技術を延長発展させつつ行われていることである。そして既存技術の発展に対し、大きな障壁が迫っていることである。障壁はスーパーコンピュータの消費電力の増大である。今日でも最先端のスーパーコンピュータは4-6メガワットの電力を消費し、これは約5000世帯の消費電力（米国の場合）に相当する。現在、日本をはじめ各国で進められている研究開発では、目標演算速度が10 peta flops（毎秒 10^{16} 浮動小数点演算）のレベルにある。地球環境のシミュレーションその他の大規模計算にはこれでは未だ不足である。一挙に exa flops（毎秒 10^{18} 浮動小数点演算）にまで、つまり演算速度を現在の目標の100倍に向上させようとするとうどうなるか。既存技術の延長で実現しようとする、冷却用も含めた必要電力は1.5ギガワットに達し、コンピュータセンターの隣に原子力発電所が必要になるとの試算がなされている[13]。こうして見ると、今日の競争順位に一喜一憂するよりも、エネルギー消費が格段に少ないコンピュータの開発に力を注ぐべきと思えてくる。これには演算デバイスの基本原理にブレークスルーが必要である。

既存テクノロジーの延長発展を阻む障壁の出現はスーパーコンピュータに限らない。障壁は社会に一時的な混乱や停滞を齎すかも知れないが、新しいテクノロジーを産む原動力でもある。トラン

ジスタの発明から始まったエレクトロニクス技術の発達は20世紀後半の世界を形作ったと云ってよい。トランジスタの発明には、20世紀前半に米国で顕著になった障壁を克服しなければならない動機があった[14]。最近、既存テクノロジーの限界を見据えた技術予測や未来論が盛んになっている。20世紀に体験したのと同様の、しかもより深遠なインパクトを有する技術革新が今世紀半ばまでに起こりそうだ。図9は概念図で、テクノロジーの主役が交代する時点は不連続点あるいは特異点である。特異点を越えるのは多様な分野の研究者と技術者の共同作業となろう。伝熱研究も共同作業の重要な一角を占める。特異点を越えると云う歴史的体験は得難いものであろう。そのような機会にめぐり合える世代の会員諸君は真に幸運であると思う。

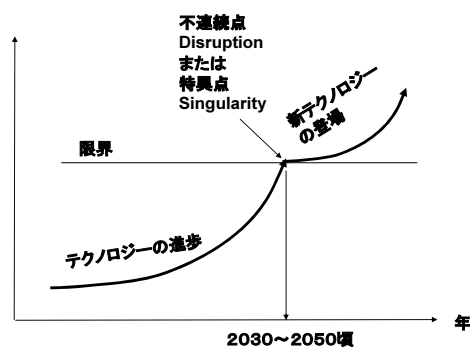


図9 今世紀に予見される技術発展の不連続

7. おわりに

会創設50周年を節目に、伝熱学会の将来像をあらためて考えてみる機運が盛り上がっている。会の将来像については既に2007年度ワーキンググループ報告[15]があり、いくつかの貴重な示唆が見られる。また、50周年記念イベントの一としてパネル討論会が企画されている（第49回伝熱シンポジウム、富山）。学会運営に携わっている先生方は、学会のさらなる活性化へ向けた提案を種々お持ちと思う。ところで会の将来を考える際、世界の伝熱研究界のなかで、日本の伝熱研究がどのような役割を果たしたらよいかを考える必要もあろうかと思う。以下に筆者の感想と、若い人たちへのメッセージを記しておきたい。

世の中の変化と同様、研究者の世界における変化も加速している。研究者人口の増大とともに、研究者間の競争は激しさを増している。論文発行数と国際会議の数の増加はエキスポネンシャルである。研究評価のツールとしてインパクトファクターが導入され、伝統ある論文誌には投稿が殺到している。研究はスピードをもってエネルギーに、ダイナミックに進める時代になった。とくに、アジアの国々の若い人たちのエネルギーは爆発的である。これからの世代の会員諸君はこうした潮流のなかで競争していかなければならない。言語力も問われる。我が国の文化的背景のなかで育った人たちには苦勞することもあろうかと思う。しかし、日本の研究者が持つ特徴を活かしていけば世界の研究をリードする途は広く開けてこよう。特徴とは云うまでもなく、研究に払う細心の注意と質の高さを求める姿勢である。質の高い研究は量産できるものではない。今日の世界の状況を見ると、研究業績を測るのに発行論文数と云う量的物差しに重きが置かれている感がある。論文数の増加が著しい一方、伝熱に関する知識はどれほど深まっているだろうか。筆者は 50 周年講演を機会に第 1 回伝熱シンポジウムの論文集にあらためて目を通してみた。50 年前と今日とでは勿論伝熱現象に関する理解は深まっているものの、その進捗度は量的拡大を反映していないように思える。「量より質」を心がけて強いインパクトを齎す研究をして頂きたい。本稿の初めに述べた「抜山曲線」は、辛抱強い実験から生まれた。このほかにも我が国の先輩研究者が残された研究成果のなかに、世界の伝熱研究者にとって貴重な資産になっているものは少なくない。「質」を重んじる伝統を守り、更に磨きをかけたいものである。但し、繰り返しになるが、「質」とか「インパクト」に関する概念を広げる努力が必要である。50 年前の伝熱研究の延長線上に、目ぼしい宝が潜んでいる確率は極めて低い。今日から将来にかけて科学技術全般が抱えるニーズを軸に据えて考える必要がある。これに応える研究からのみ、質高く強いインパクトを有する成果が得られよう。

謝辞

50 周年記念事業の一環に参加させて頂いたことは、筆者にとって思い出を辿る機会になった。

多くの先輩の先生方が学会で講演討論された様子が目に浮かぶ。途半ばで病に倒れられた方々もいらっしやる。時の流れを感じずにはいられない。伝熱シンポジウム（岡山）で講演するようお誘い頂いた記念事業実行委員長の笠木伸英先生、シンポジウム実行委員長の稲葉英男先生ほか、記念事業の企画実行に携わっておられる先生方に謝辞を呈したい。

参考文献

- [1] 小笠原光信, 日本伝熱研究創設の頃, 歴代会長からのメッセージ, 伝熱 41-168(2002)13.
- [2] 熱: 抜山四郎論文集, 抜山四郎論文集刊行会(昭 44).
- [3] Jakob, M., *HEAT TRANSFER*, John Wiley & Sons, 1(1949)655.
- [4] Nakayama, W., The Nukiyama Curve: Its Impact on Heat Transfer Science and Engineering, Proc. ASME/JSME Thermal Engineering Joint Conf., ASME, 1(1991)437.
- [5] 宇高義郎: 日本伝熱学会における最近の課題について, 伝熱, 50-210(2011)45.
- [6] 数字でみる日本の 100 年, 日本国勢図会, (2006).
- [7] *Educating the Engineer of 2020*, National Academy of Engineering, 2005.
- [8] Morton, B. R., Laminar Convection in Uniformly Heated Horizontal Pipes at Low Rayleigh Numbers, *Quarterly Journal of Mechanics and Applied Mathematics*, XII-4(1959)410.
- [9] Adler, M., Strömung in gekrümmten Rohren, *ZAMM*, 14-5(1934)257.
- [10] Dean, W. R., Note on the motion of fluid in a curved pipe, *Philosophical Magazine*, 20(1927) 208.
- [11] 中山 恒: 曲円管内強制対流熱伝達に関する研究, 東京工業大学博士論文 (昭 41).
- [12] 伝熱工学資料, 改訂 5 版, 日本機械学会 (2009) 45.
- [13] Kogge, P., The Tops in Flops, *IEEE Spectrum*, 48-2(2011)44.
- [14] 中山 恒: 技術予測論, 日科技連 (1998).
- [15] 横堀誠一: 日本伝熱学会の改革 (2007 年度活動), 伝熱, 47-200(2008)2.

日本伝熱シンポジウムの変遷とその展開

The Change and Development of National Heat Transfer Symposium of Japan

稲葉 英男 (津山工業高等専門学校)

Hideo INABA (Tsuyama National College of Technology)

e-mail: inaba@tsuyama-ct.ac.jp

1. はじめに

日本伝熱学会第 46 期会長(柘植綾夫氏)が、2008 年 5 月に、伝熱学会創立 50 周年に向けての声明を出している。その内容を要約すると、エネルギー社会の学術基盤である伝熱学・熱学の学理および応用技術を通して、学術・産業界に貢献すると共にそれらを支える人材の育成を実践し、世界の持続的発展の実現(その要としてエネルギー環境問題がある)に向け学会としての責務を果たすことを公約するとある。

本解説記事は、日本伝熱学会創立 50 周年記念事業として、平成 23 年度日本伝熱学会誌(伝熱)「特集：創立 50 周年を迎えて」に、日本伝熱シンポジウムに関する過去から現在迄の伝統や各種データに基づき、その課題を抽出するとともに、伝熱シンポジウムのあり方に関する筆者の私見等を述べたものである。

2. 過去から現在迄に開催された伝熱シンポジウムの各種データの分析

2.1 参加人数やシンポジウム運営等に関して

2.1.1 参加人数の変遷

伝熱シンポジウム(以降伝熱シンポと略する)への参加者数の変遷を登録資料に基づいて示した

ものが図 1 である。1964 年開催の第 1 回京都シンポでの参加者 235 名からスタートして、地方都市開催で参加者の減少がみられるが、1992 年の第 29 回大阪伝熱シンポ(参加者 982 名)頃まで増加傾向(第 37 回神戸開催：参加者最大の 1092 名)が読み取れる。その後、参加者数の増減を繰り返しながら、最近はむしろ減少傾向にある。図 1 の実線で示す日本伝熱学会員数も第 1 回京都シンポの年度の 347 名から第 29 回の 1338 名と年々増加傾向にあり、その増加割合も微増となり、2002 年の 1445 名(名誉会員 103 名含む)がピークとなり、その後、微減に転じている。学生参加者がシンポジウムに登録上現れるのは、1975 年の第 12 回福岡シンポからである(学会への学生登録は 1979 年から始まっている)。日本伝熱学会会員の約 60% 以上(筆者推定)が伝熱シンポジウムに参加する特徴は、他の学会に見られないものである。第 48 回伝熱シンポ特別講演者である中山元会長が伝熱学会の回顧で述べている、伝熱学会員数や伝熱学会を取り巻く社会環境の変化に基づき、伝熱学会の活動が 2000 年頃から「肩上がりフェーズより安定フェーズへ移行」となる分析結果内容と、伝熱シンポ参加数の変遷とは附合するようである。

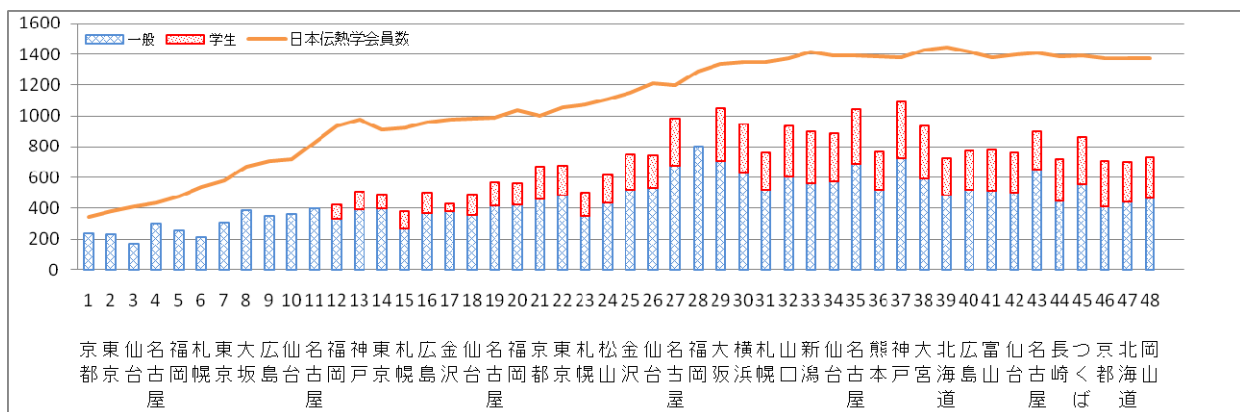


図 1 伝熱シンポジウム参加者の推移

2.1.2 伝熱シンポジウムの運営の変遷

伝熱シンポの開催地は、全国 7 つある伝熱学会支部の持ち回りで開催されており、その開催時期は、他学協会の講演時期や年度末での学術等研究の区切りなどから、毎年 5 月末から 6 月初旬にかけて 3 日間開催することが慣例となっている。初期の伝熱シンポでは、前項でも述べたように参加人数も少なく、1 室のみの開催で十分であり、全員参加型で講演内容の討論等を実施していた。その後、伝熱研究分野の多様化そして拡大化に伴い参加者も増えていることに対応して、講演会室数も 1 室（第 1 回～3 回）、2 室～5 室（第 4 回～28 回）、6 室～9 室（第 29 回～44 回）、10 室（第 45 回以降）と増加しており、伝熱シンポの運営を担当する実行委員会は、この部屋数の確保に苦労することになる。過去に講演論文数の増加とともに、会場手配の都合から、各研究室からの講演論文数を制限した時期もあった。伝熱シンポの規模がそれほど大きくない（講演室 5 室程度）時期には、地方開催では自治体の会館などでの開催が実施されていたが、その後伝熱シンポの規模拡大とともに、複数の会場の利用そして大規模ホテルや国際会議場での開催となる。最近の講演会室 10 室程度になると、自治体等が参加した第 3 セクター運営のコンベンションセンター（独立採算制で会場費が高い）での開催が主流となりつつある。最近 10 年間の伝熱シンポ総経費は、1 千 1 百万円から 1 千 3 百万円であり、その内会場費が 4 百万円を占める場合もあり、伝熱シンポ実行委員会は、経費に占める会場費割合の増加に対応するように、広告宣伝費等共催費収入の増大や参加費の値上げ（第 46 回伝熱シンポから一般事前申込 12,000 円）そして支出の削減などで凌いでいる現状にある。

2.2 講演論文数や講演分野等に関して

図 2 は、伝熱シンポ講演論文数と開催地（回数）の関係を示したもので、論文数は第 1 回京都での 29 件から第 37 回神戸の 510 件のピーク迄、毎年増加傾向であり、その後減少傾向に転じていることがわかる。以下に、伝熱シンポ講演論文集の体裁等について述べる。

講演原稿書き方としては、手書き原稿（第 1 回～26 回）からワープロ原稿（第 27 回以降）に変更され、その頁の組数も 1 段組（第 1 回～31 回）か

ら 2 段組（第 32 回以降）と読みやすい体裁となっている。さらに、投稿原稿数の増大に対応するために、原稿の最大頁数も 4 頁（第 1 回～12 回）、3 頁（第 13 回～31 回）、2 頁（第 32 回以降）へと減じられている。さらに、その原稿サイズも B5 版（第 1 回～32 回、第 31 回の講演論文集では、最大頁数が B5 版 3 分冊 1200 頁もの大容量となる）から A4 版（第 32 回以降）への切り替えとなる。その結果、講演論文集の分冊数も 1 分冊（第 1 回～24 回）、3 分冊（第 25 回～31 回）、2 分冊（第 32 回～35 回）、3 分冊（第 36 回以降）へと変化し、講演論文集の軽量化が図られ、参加者の論文集持ち運び等の利便性が増してきた。

ここで、筆者の手元にある第 3 回日本伝熱研究会における各部（セッション）と伝熱研究分野の先達である座長の大先輩（敬称略）を紹介し、学会初期の頃の講演会の様子を感じていただきたい。1962 年の日本伝熱研究会発足以来、大学などの研究室をベースとした伝熱学や熱学の研究者間の交流での伝熱研究分野の展開が基本であったように思われる。

第 1 回伝熱シンポジウム（1964 年）は、1 室で 3 日間にわたり、幅広い伝熱分野から講演がなされ、参加者全員で討論しており、伝熱分野基礎を築いた様子が窺われる。最終日に伝熱研究の総括が一般討論（75 分）としてなされており、先達の伝熱研究の将来へ期待の大きさが感じられる。

第 I 部（熱伝導等）座長 武山斌郎、第 II 部（充填層）座長 大谷茂盛、第 III 部（強制対流熱伝達）座長 甲藤好郎、第 IV 部（管内熱伝達）座長 青木成文、第 V 部（管内乱流熱伝達）座長 泉亮太郎、第 VI 部（気液二相流）座長 千葉徳男、第 VII 部（熱交換器）座長 国井大蔵、第 VIII 部（自然対流熱伝達）座長 森康夫、第 IX 部（沸騰熱伝達）座長 西川兼康、第 X 部（沸騰熱伝達）座長 小林清志、第 XI 部（凝縮熱伝達）座長 岐美格、第 XII 部（物質伝達）座長 水科篤郎、第 XIII 部（物質伝達）前田四郎、第 XIV 部（輻射伝熱）座長 大塚芳郎、第 XV 部（燃焼）座長 坪内為雄、第 XVI 部（一般討論）座長 内田秀雄

なお、筆者（当時大学院生）が参加した伝熱シンポは第 12 回福岡であり、矩形容器内自然対流伝熱に関するもので講演発表の際の討論に、伝熱学会創設の大先生が前席に数名おられ、かなり厳し

い質問を多数受け、伝熱シンポジウムのレベルの高さを認識した次第である。その後の伝熱シンポでの発表の前に、研究室の諸先生から徹底的に発

表内容に対しての想定質問等の対応策を準備した思い出がある。

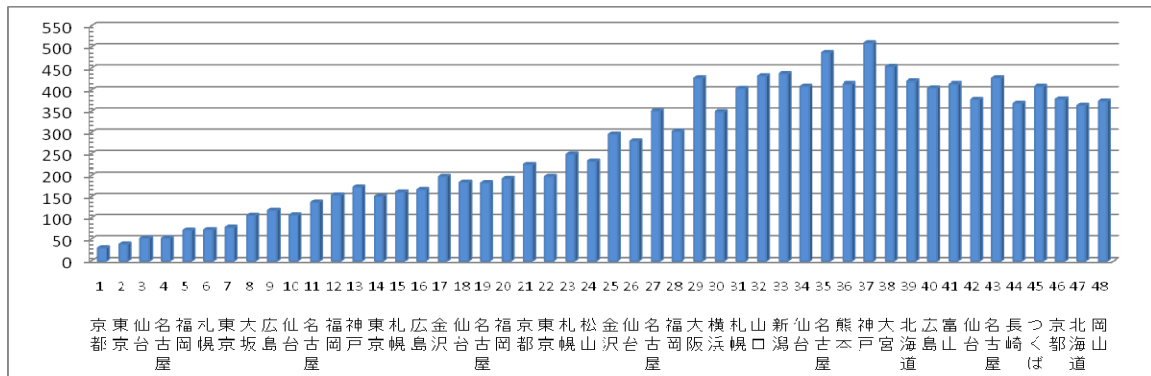


図 2 伝熱シンポジウム講演論文数の推移

2.3 講演論文の情報化への対応に関して

伝熱学および熱学等の科学技術の基盤を担う日本伝熱学会及び会員は、その成果を社会へ還元する使命を持つもので、伝熱シンポジウムや学会誌・論文集を通じて、蓄積してきた知見と知識を公にする責務がある（2008 年会長声明）。このような伝熱学会の責務を伝熱シンポジウムでは、冊子タイプの講演論文集という形で一般に成果を公開してきた。しかしながら、従来の冊子での公開は会員周辺の限定的なものとならざるを得ない。最近の電子データ等を活用した情報化時代に対応すべく、第 42 回伝熱シンポから講演論文投稿の PDF 化により、CD 集の発行やホームページ掲載が可能となった。その結果、図面などカラー原稿で投稿が増加し、さらに講演発表のパワーポイント化等で、論文内容の見える化技術の進展と共に論文内容の理解度も上がってきたように思える。近年における研究成果の電子データ化や速報性から電子ジャーナル化の進展とともに、その販売流通権が欧米の商業出版社の寡占状態を生み、ご存じのように学术界等で大きな問題となっている。このような問題解決策として、我が国の（独立行政法人）科学技術振興機構（JST）は、「科学技術情報発信・流通総合システム」（J-STAGE）を開発し、学協会の会誌や論文集等を電子ジャーナル化して、世界へ発信する業務を実施している。伝熱シンポ講演論文集や講演目次を第 45 回（2008 年）から J-STAGE2 へ掲載しており（ちなみに、日本

伝熱学会論文集は 2006 年から掲載）、世界へ向けて、伝熱シンポの成果を発信している。しかしながら、J-STAGE のフェーズ 3 が開始される 2011 年度から伝熱シンポ講演論文集の掲載中止となるようであり、是非とも再開を期待するところである。

なお、伝熱シンポ講演論文による発表内容の公表に伴う特許権確保の観点から、特許法第 30 条等（新規性の喪失の例外）の適用を本会が指定学術団体の認定を平成 12 年から受けており、講演発表による特許権の期間の保護がなされている現状である。発表後 6 カ月の間は、特許申請に関する新規性は保護されるが、いずれにしても講演発表以前に特許出願を心がけるべきと思われる。

3. 伝熱シンポジウムの変遷とその展開

3.1 伝熱シンポジウムの質的拡大

前章において、過去の伝熱シンポの各種データを概観して、そこから浮かび上がる伝熱シンポの課題を抽出し、その克服に向けて筆者の私見を述べた。特に、伝熱シンポ創成期の講演論文数 100 件以下の場合には、その会場も数室であり、参加者による集中的な討論がなされていた。さらに、伝熱シンポの発展期（中山先生による岡山特別講演では、伝熱分野を量的拡大しての「右肩上がりフェーズ」と呼んでいる）において、学術研究・技術開発の深化や学際化等に伴い講演論文やセッション数の増加とともに、その講演会場の増大から参加者による討論の分散や交流の減少となってい

た。この数年は、講演論文数も 400 件弱そして参加者数も 700 名前後と減少を伴う安定期（岡山での特別講演では「フラットフェーズ」と呼んでいる）にあり、講演会場は 10 室とそのセッション数も固定化している現状にある。このような伝熱シンポの状況に関して、伝熱学会理事会においても伝熱シンポのあり方に関して、伝熱シンポの規模拡大や分野の多様化に伴い、講演会の散漫化や討論の低調化への対応策が継続審議されている。このような状況において、伝熱学・熱学研究者や技術者の減少や新たな関連分野への進出が起きており、伝熱関係の他学協会との連携セッションの開設による学際的研究者の交流増強(超学協会交流)、オーガナイズセッション数の増加による専門深化、産学官交流セッションの常設、先導先端研究促進セッションや社会的課題（環境・エネルギー、医療福祉、情報など）で伝熱学・熱学分野からその解決提案セッション等の伝熱シンポの質的な拡大を図る必要があるように思える。

3.2 情報化および国際化への対応

伝熱学会会員の多くは、複数の学協会員であることが多い。筆者も伝熱学・熱学が関係した 6 つの学協会に所属しており、研究内容により、発表の場として学協会を使い分けていた。伝熱シンポの具体的な役割は、研究内容成果の認知の場、学生の研究発表の場、旧知そして新たな研究者・技術者の交流の場、他研究の動向把握の場そして研究成果の論文文化に向けての発表の場などが上げられる。伝熱学会は、伝熱学・熱学関係分野として学術基礎・応用研究の発表討論やそれらの公開や交流を通じて、我が国の伝熱学・熱学分野の知識や知見そして人材育成に貢献し続けなければならないことは自明であるが、国際的な伝熱研究機関や研究者との連携も重要な事項である。最近の情報化や国際化に伝熱シンポが学会も従来に増しての対応が必要に思える。伝熱シンポ講演論文集に、英文題目と概要の記載をしており、外国人には図面や表は国際共通理解可能なので、大凡の内容が理解できるようである。伝熱シンポ講演論文集を、世界で読んでもらう手段として、J-STAGE2 を利用していたが、本年度で終了とのことであり、来年度から新たな J-STAGE3 を展開するようであるので、是非とも参加できるようにしていただきたい。

世界的には伝熱学・熱学研究分野の学際化や細分化が進んでおり、研究成果の公表に迅速性やタイムリー性そして業績性（インパクトファクターの高い）のある海外専門誌への投稿が多くなる傾向にある。筆者の専門である蓄熱や吸着分野の海外論文の英文査読が 2 ヶ月に 1 回程度、複数の学会や専門誌から舞い込んでいる状況にあり、専門研究者の国際化が顕著である。2006 年から日本伝熱学会と日本機械学会熱工学部門とで合同編集方式で、電子ジャーナル「Journal of Thermal Science and Technology」(Impact Factor 0.2 from 2009 Journal Citation Report Science Edition, ISI) を発刊していることも、一つの国際化の流れである。このような状況下で、伝熱シンポジウムも近隣の東南アジア諸国の伝熱学分野等からの講演が可能な国際セッションを設けるなど国際化を促進する必要があるであろう。

4. おわりに

少子高齢化時代や先進国安定期に入った我が国は、様々な課題大国と言われ、如何に課題を克服するか、専門家集団である学協会の果たす役割は大きいものがある。特に、環境・エネルギー、情報通信やバイオ・医療福祉などの分野で、日本伝熱学会や会員が活躍する機会が多いように思われる。最近の複雑・高速・大規模化した伝熱学・熱学関連システム技術開発には、学際複合的分野への研究展開が必要であり、伝熱シンポジウムで取りあげる課題を決めて異分野研究者との交流（現状の OS のさらなる展開）も重要である。

この度の東日本大震災では、地震津波災害の普及復興に向けて、がれきの焼却等処分や新たなエネルギー源の確保・供給法そして省エネルギーの展開そして伝熱学・熱学分野の知識・知見なども必要としており、日本伝熱学会や会員の専門的知識や発想を発信すべきである。

さらに、福島第 1 原子力発電所の事故は、原子炉の安定化に向けての効果的な冷却システムの構築・実施、放射性物質の拡散防止や浄化、大規模な原子力発電システム事故原因の究明や他の原子力発電システムの安全性の確保などの解決に向けての複合エンジニアリングの見地から対応しなければならないように思える。特に、原子力発電燃料ペレットの熔融や原子炉の冷却不足等の原子力

発電サイクルシステムに関する伝熱学・熱学的な課題に対して、伝熱関連の研究者が集まる日本伝熱学会が、専門家として種々提言する立場にあり、その議論の場としての伝熱シンポジウムは重要である。今回の伝熱シンポにおいても、緊急に「東日本大災害に伴う福島第 1 原子力発電所災害特別セッション」を立ち上げて、伝熱学・熱学の研究者として解決に向けての多くの提言がなされ、伝熱学会の社会的責務を遂行している。また、日本伝熱学会内に「東日本大震災に伴う福島第 1 原子力発電所災害に関する特別委員会」の設置が決まり、学会として継続的に原子力災害の対応についての英知を集結することになっている。このよう

な複合的な大災害や事故に対しては、その原因究明や復興対策等に関して、学会の枠を超えた「超学会組織」の立ち上げを伝熱学会として他学協会に働きかけるべきと思われる。特に、原子力発電は事故が起こらないと言う発想での対応でなく、事故が起こると言う発想で原子力発電システムの再検討が必要と考える。

最後に、学際化、多様化そして複雑化する伝熱学・熱学分野への対応そして伝熱学会委員の減少や学会の財政難などを克服するためには、他分野の学術研究者や企業研究開発者にとって魅力的な学会への転換を図るべきと思われ、それに伴い学会名の変更なども視野にいれるべきと思われる。

ウェルナー・ハイゼンベルク(1901~1976)の功績

A meritorious deed of Werner Heisenberg (1901-1976)

村上 陽一 (東京工業大学)

Yoichi MURAKAMI (Tokyo Institute of Technology)

e-mail: murakami.y.af@m.titech.ac.jp



ウェルナー・ハイゼンベルク (1901~1976)

1. はじめに

プランクの法則[1]によって幕を開けた量子論は、1913年にボーアによって発表された原子論[2]を契機に急速な展開を見せ始めます。前期量子論と称されるこの過渡的な時期において、人々は量子論の古典論による類推を助けるボーアの対応原理を道具として様々な問題に取り組んでゆきます。すなわち、当時は「勘と技巧でもって個々の問題を対応原理的に処理し、あとからみて本質的に正しい関係式を結論する」[3] 状況にあったといえます。このような取り組みは一定の成果を挙げたものの、明確な公理系を伴わないことによる一般性の欠如が問題として付きまといました。

1925年の初夏、ゲッチンゲン大学の私講師だったハイゼンベルクは原子内電子の軌道の概念を問題から排し、定常状態間の遷移を中心に据えて対応原理の徹底的な精密化を行うことで、自己矛盾のない首尾一貫した数学形式、すなわち量子力学の構築に成功します。これにより前期量子論の時代は終わりを迎え、その翌年発表された(特殊相対性理論を指導原理としたド・ブロイの理論[4]に基いた)シュレディンガーの波動理論[5]とともに量子力学の時代が幕を開けることとなります。

2. 前期量子論の関連成果

2.1 ボーアの対応原理

水素原子の電子について半径 r の古典円運動を考えると、その全エネルギー(運動+位置)は

$$E = -\frac{e^2}{2r} \quad (1)$$

であり、軌道運動の周波数は

$$v^2 = \frac{e^2}{4\pi^2 m r^3} \quad (2)$$

と導かれます(ケプラーの第3法則)。式(1)と式(2)から r を消去すると円運動の振動数は

$$v = -\sqrt{\frac{2}{\pi^2 m e^4}} E^{\frac{3}{2}} \quad (3)$$

と表されます。古典論では周期運動を行う電荷は式(3)で表される振動数の光を放出すると考えられ、一般に楕円軌道運動を考えた場合には、電荷の運動により式(3)の基本振動数 v に加えてその τ 倍高調波 ($\tau = 1, 2, \dots$)

$$v_\tau \equiv \tau v = -\sqrt{\frac{2}{\pi^2 m e^4}} E^{\frac{3}{2}} \tau \quad (4)$$

が併せて放出されることとなります。

一方、量子論においてはバルマーの公式

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{v}{c} = R \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad (5)$$

から、水素原子における n 番目の電子軌道から m 番目の軌道への遷移に伴う発光の振動数 $\nu_{n \rightarrow m}$ は

$$\nu_{n \rightarrow m} = R c \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad (6)$$

と書かれます。式(6)とボーアの振動数条件[2]

$$\nu_{n \rightarrow m} = \frac{E_n - E_m}{h} \quad (7)$$

との比較から、水素原子のエネルギー準位

$$E_n = -\frac{hRc}{n^2} \quad (8)$$

が得られます。ここで $\tau \equiv n - m$ ($\tau = 1, 2, \dots$) を定義し、 $n \gg \tau$ の場合を考えると、 $n \rightarrow m (= n - \tau)$ の遷移で放出される光の振動数は

$$\nu_{n \rightarrow n-\tau} = Rc \left\{ \frac{2n\tau - \tau^2}{(n-\tau)^2 n^2} \right\} \cong \frac{2Rc}{n^3} \tau \quad (9)$$

となります。式(8)と式(9)から n を消去すると、

$$\nu_{n \rightarrow n-\tau} = -\frac{2}{\sqrt{h^3 Rc}} E^{\frac{3}{2}} \tau. \quad (10)$$

式(4)と式(10)は相似形であり、これは高い量子数間の遷移に伴って放出される光の振動数が古典論の振動数に漸近することを示唆します。実際、式(4)と式(10)の右辺を等号において解くと正しいリュードベリ定数 $R = 2\pi^2 m e^4 / (h^3 c) = 1.09 \times 10^7 \text{ [m}^{-1}\text{]}$ が得られることから、量子数 n が十分大きい場合には $\nu_{n \rightarrow n-\tau} \cong \nu_\tau$ が成立すると考えられます。

すなわち、量子論における $n \rightarrow n - \tau$ の遷移に対しては運動状態 n にある系が古典論に従って放出する光の基本振動数 ν の τ 倍高調成分が対応する、一般に言い換えれば「 $n \rightarrow \infty$ の極限で量子論は古典論の結果に漸近する」というのがボーアの対応原理の要点です。物理的には、 n が十分大きいときにはエネルギーのとびとびの間隔が微小になりエネルギーの不連続性が目立たなくなること、またそのような状況では電子は原子核から十分に離れ自由電子に近い運動すると考えられることから、 $n \rightarrow \infty$ の極限では状況が古典論で記述可能な場合に漸近すると解釈されます。

2.2 エーレンフェストの断熱仮説

固有振動を行っている力学系に外部から十分ゆっくりとした変化を加える場合（例えば振り子の糸の長さや振動弦の張力を振動周期より十分長い時間かけて緩やかに変化させる場合）を考えると、この変化とともに振動数 ν や系のエネルギー E は変化しますが、 E の変化の割合と ν の変化の割合は等しいことから、変化の過程で E/ν は一定の値を持ち続けます。このような変化における不変量を断熱不変量と呼びます。

具体的に、一次元の正弦振動子の運動量を p 、

座標を q とすると、系が固有状態にあるとき $p(t)$ と $q(t)$ が p - q 平面上に描くトラジェクトリは図 1(a) のような楕円になります。質量を m 、バネ定数を κ とすると、エネルギーと振動数はそれぞれ

$$E = \frac{1}{2m} p^2 + \frac{\kappa}{2} q^2 \quad (11)$$

$$\nu = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\kappa}{m}} \quad (12)$$

と表されます。一方、図 1(a) のトラジェクトリで囲まれた面積 J は

$$J = \oint p dq = 2\pi E \sqrt{\frac{m}{\kappa}} \quad (13)$$

と求められますが、これは式(12)によって

$$\frac{E}{\nu} = J \quad (14)$$

と書き換えられ、 J が断熱不変量であることが分かります。加えられた断熱的变化によりトラジェクトリは図 1(b) のように変化しますが、その過程で面積 J は不変であり、系は変化の途中および変化後も固有振動を行うこととなります。

エーレンフェスト (P. Ehrenfest, 1880 – 1933) は量子論における断熱不変量の研究を行い、次の仮説の提案により、量子力学が確立されるまでの過渡的方法論を提供しました。「力学系に外部から変化を与えると、この変化が無限にゆっくり行われるならば、その経過の途中、力学系の運動を通常の力学を用いて論ずることが許される。このとき、変化の始まる前に系が量子的に許された状態にあれば、この変化の途中およびその後も系はやはり量子的に許された状態にある。」[6]

2.3 一般化された量子条件

エーレンフェストの断熱仮説を基礎として、1910年代の中盤にかけて複数の物理学者によって次のような一般化された量子条件

$$J = \oint p dq = nh \quad (15)$$

が導かれます。式(15)に式(14)を適用すればプランク振動子の $E = nh\nu$ を確認できます。式(15)は、図 1(c) のように量子的に許される状態はトラジェクトリによって囲まれる面積がプランク定数の整数倍になるものに限られる（量子数が断熱不変量

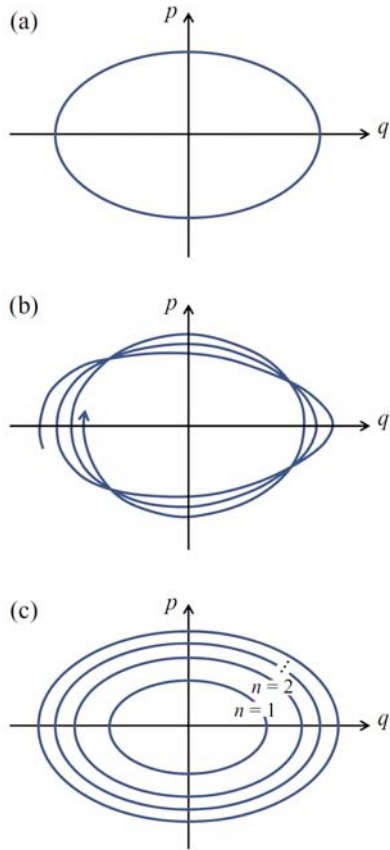


図1 (a) 正弦振動系のトラジェクトリ. (b) 断熱変化における推移の例. (c) 量子条件.

になっている) ということを示します.

一方、周期系の振動数 ν は E と J によって

$$\nu = \frac{dE(J)}{dJ} \Leftrightarrow \nu_\tau = \tau \nu = \tau \frac{dE(J)}{dJ} \quad (16)$$

と表され[6], これに式(15)を代入すると

$$\nu_\tau \Big|_{J=nh} \equiv \nu(n, \tau) = \frac{\tau}{h} \frac{dE(n)}{dn} \quad (17)$$

が得られます. 古典的な倍音関係に基づいたこの微分式に対しては、量子論ではボーアの振動数条件 (式(7)) により差分式

$$\nu_{n \rightarrow n-\tau} \equiv \nu(n; n-\tau) = \frac{E(n) - E(n-\tau)}{h} \quad (18)$$

が対応することになります. このような対応関係はボーアらによって確立されてゆきました.

3. 量子力学の発見

3.1 ハイゼンベルクの指針

ハイゼンベルクはそれまでの経験と考察から、実験的に観測されない古い量子論における原子内電子の軌道運動というものは理論の枠組みから追

放されるべきで、発光の振動数や強度として実際に観測される二つの定常状態間の「遷移」のみを扱わなければならないという考えに至ります[6,7]. このような考えの下、指導原理とするボーアの対応原理を徹底的に精密化してゆくことで、物理的意味が不明確な電子の軌道運動という概念に縛られた古い量子論からの脱却を試みたのです.

ハイゼンベルクの当初の目的は水素原子におけるバルマー線の発光強度を計算することにあります[8]. 古典的なマクスウェル理論では放射強度は振動双極子の振幅の絶対値の二乗に比例します. 一方、量子論においては遷移の頻度 (単位時間あたりの遷移確率) が放射の強度にあたります. ハイゼンベルクは対応原理に沿って進むため、まず (それ以前の対応原理的研究で行われていたように) 物理量を軌道運動の描像の下でフーリエ級数の形に書き出すことから始めます. 上述の発光強度を求める目的から、第一に重要な物理量は電子の振動振幅に関連する位置座標 x となります. 具体的に、 n 番目の定常状態にある電子の位置 x は古典周期運動の高調成分 $\nu(n, \tau)$ についてのフーリエ級数として次のように書かれます.

$$x(t) = \sum_{\tau=-\infty}^{+\infty} X(n, \tau) e^{2\pi i \nu(n, \tau) t} \quad (19)$$

ハイゼンベルクはこのような古い考えにおける電子の軌道運動のフーリエ級数の各項が量子的な各々の「遷移」に対応していると考えます. そして彼はこのような古い考えにおける軌道運動のフーリエ成分に対応して $n \rightarrow n - \tau$ の遷移を表す量子力学的な (遷移成分とも呼ぶべき) 量

$$X(n; n-\tau) e^{2\pi i \nu(n; n-\tau) t} \quad (20)$$

が存在していて、その絶対値の二乗が遷移の確率を与えるのに基本的な役割を果たすのに違いない、という見当から出発します[3,6]. すなわち古い考えでのフーリエ成分 (式(19)の各項) を遷移成分 (式(20)) によって置き換えてゆくという方針をとります. 以下、対応関係を記号「 \leftrightarrow 」によって結び、左側に軌道描像に立脚した古い量子論の形式、右側にそれに対応する新しい形式を示すことにします. これから、式(19)と式(20)の対応関係は $X(n, \tau) \leftrightarrow X(n; n-\tau)$ と表されます.

3.2 微分演算についての対応関係

2.3 節に示した式(17)と式(18)の対応関係（微分と差分の対応）は、これを定常状態ごとに値をもつ n の任意の関数 $F(n)$ に拡張して

$$\tau \frac{dF(n)}{dn} \leftrightarrow F(n) - F(n - \tau) \quad (21)$$

と書かれます。その他の重要な対応関係としては、式(17)と式(18)を比較した際と同じ議論から

$$v(n, \tau) = -v(n, -\tau) \leftrightarrow v(n; n - \tau) = -v(n - \tau; n). \quad (22)$$

（左側の関係は $v(n, \tau) = \tau v(n, 1)$ から。）また、 $x(t)$ が実数であるという条件からフーリエ係数の複素共役についての対応関係

$$X(n, \tau) = X^*(n, -\tau) \leftrightarrow X(n; n - \tau) = X^*(n - \tau; n) \quad (23)$$

が直ちに得られます。

式(21)では定常状態 n のみの関数を考えましたが、より重要な関数として、遷移に関する n と τ の両方を含む関数（例えば式(19)のフーリエ係数）があります。ここで、古い量子論において次のような微分項が現れた場合

$$\tau \frac{\partial v(n, \tau)}{\partial n} \quad (24)$$

を考えます。式(24)に式(17)の v を代入すると

$$\frac{\tau^2}{h} \frac{d^2 E(n)}{dn^2} \quad (25)$$

という2階微分となるので、2階微分の定義式

$$\frac{d^2 f}{dx^2} = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\{f(x + \Delta x) - f(x)\} - \{f(x) - f(x - \Delta x)\}}{(\Delta x)^2} \quad (26)$$

に暗示を受けて、式(24)の新しい量子論における形式としては、式(26)で Δx を $\tau (= \Delta n)$ と読み換え

$$\frac{\tau^2}{h} \frac{\{E(n + \tau) - E(n)\} - \{E(n) - E(n - \tau)\}}{\tau^2} \quad (27)$$

$$= v(n + \tau; n) - v(n; n - \tau)$$

が類推され（右辺への移行は式(7)による）、さらにこの関係を任意 n と τ の関数 $F(n, \tau)$ に拡張して

$$\tau \frac{\partial F(n, \tau)}{\partial n} \leftrightarrow F(n + \tau; n) - F(n; n - \tau) \quad (28)$$

という対応関係が得られます。式(28)はハイゼンベルクが量子力学を発見する上で重要な役割を果たしたカギとなりました[3,6]。

3.3 積演算についての対応関係

このように電子の軌道運動の描像に立脚した古い理論を新しい形式に対応的に解説してゆく際、読み解くべき古い理論に変数同士の積が現れることがあります。典型的な例は x^2 であり、これを新しい形式でどのように対応させるべきかが問題となります。

まず、軌道運動の描像でフーリエ級数により表された x (式(19)) の二乗を考えます。このような x^2 においてもやはり同じ振動数 $v(n, \tau)$ を含む級数で表されることから、 τ 番目のフーリエ成分は

$$\sum_{\tau'=-\infty}^{+\infty} X(n, \tau') e^{2\pi i v(n, \tau') t} X(n, \tau - \tau') e^{2\pi i v(n, \tau - \tau') t} \quad (29)$$

$$= \sum_{\tau'=-\infty}^{+\infty} X(n, \tau') X(n, \tau - \tau') e^{2\pi i v(n, \tau) t}$$

と書かれます。ここで τ' は単なるダミー変数であり、両辺の指数部の関係は古典的な倍音振動則

$$v(n, \tau') + v(n, \tau - \tau') = v(n, \tau) \quad (30)$$

に基づいています（「A 倍波と B 倍波の振動数の和は A+B 倍波の振動数」ということ）。ここでは「 x^2 のフーリエ成分の振動数中に x のフーリエ成分に現れた振動数以外のものが一つも現れない」ということが本質的な点となっています。

一方、新しい形式では式(20)の遷移成分を考慮することになりますが、ここでも同様に「 x^2 の演算を行った際にそこに x の成分中に存在しなかった振動数が新たに現れてはいけない」という要求をおきます。この要求を満たす積演算を考案するにあたり、ハイゼンベルクは式(30)の倍音振動則には量子論における振動数結合則（リッツの結合則、式(7)に由来）

$$v(n; n - \tau') + v(n - \tau'; n - \tau) = v(n; n - \tau) \quad (31)$$

が対応すべきと考えます（「A→B の遷移振動数と B→C の遷移振動数の和は A→C の遷移振動数に等しい」ということ）。この対応関係の明察がハイゼンベルクを発見に導いた鍵となりました。これから直ちに新しい形式における x^2 の成分 ($n \rightarrow n -$

τ の遷移成分)として

$$\sum_{\tau'=-\infty}^{+\infty} X(n; n-\tau')X(n-\tau'; n-\tau)e^{2\pi i\nu(n; n-\tau)t} \quad (32)$$

が導かれます. この考えは任意の二つの量 Y, Z の積に一般化され, 積 YZ の遷移成分は

$$\sum_{\tau'=-\infty}^{+\infty} Y(n; n-\tau')Z(n-\tau'; n-\tau)e^{2\pi i\nu(n; n-\tau)t} \quad (33)$$

となります. この新しい演算規則の著しい特徴は, $n \rightarrow n - \tau$ の遷移を表す積演算では, 直接関係する始状態 (n) と終状態 ($n - \tau$) 以外に, 古典的には無関係であるはずのその他全ての状態 ($n - \tau', \tau': -\infty \dots 0 \dots \infty$) が中間状態として遷移に関係してくるという点にあります. そして, このような性質によって式(33)では YZ と ZY の積演算が一般に等しくなることが分かります. これは量子力学における演算の非可換性を表すものとなっています. このような一連の演算規則の発見と妥当性の確認(次節)を経て, ハイゼンベルクは新しい数学形式の発見に成功したのでした.

4. 新理論の性質と妥当性

4.1 新理論における量子条件

ハイゼンベルクの考えでは物理量は遷移成分の集合として与えられることから, 新しい形式に焼き直すにあたり, 古い理論における物理量はフーリエ級数に展開しておく必要があります. 古い量子条件(式(15))を読み解くために, p と q をフーリエ級数

$$p = \sum_{\tau=-\infty}^{+\infty} P(n, \tau)e^{2\pi i\nu(n, \tau)t} \quad (34)$$

$$q = \sum_{\tau=-\infty}^{+\infty} Q(n, \tau)e^{2\pi i\nu(n, \tau)t} \quad (35)$$

で表し, 式(15)に代入して周回積分を解くと

$$nh = 2\pi i \sum_{\tau=-\infty}^{+\infty} P(n, \tau)Q(n, -\tau) \frac{\nu(n, -\tau)}{\nu(n, 1)} \quad (36)$$

が得られます. ここで右辺の分数に式(22)の左側の関係と倍音関係 $\nu(n, \tau) = \tau\nu(n, 1)$ を用い, さらに $Q(n, -\tau)$ において式(23)の左側の関係を適用すると式(36)は

$$nh = -2\pi i \sum_{\tau=-\infty}^{+\infty} P(n, \tau)Q^*(n, \tau)\tau \quad (37)$$

と書き換えられ, これはフーリエ成分で表された量子条件となります. 続いて式(28)のカギを用いる目的で式(37)の両辺を n で微分すると,

$$h = -2\pi i \sum_{\tau=-\infty}^{+\infty} \tau \frac{\partial}{\partial n} \{P(n, \tau)Q^*(n, \tau)\}. \quad (38)$$

これに式(28)の対応関係を適用すると, 式(38)は

$$\begin{aligned} \frac{h}{2\pi i} = & - \sum_{\tau=-\infty}^{+\infty} P(n+\tau; n)Q^*(n+\tau; n) \\ & + \sum_{\tau=-\infty}^{+\infty} P(n; n-\tau)Q^*(n; n-\tau) \end{aligned} \quad (39)$$

と書き換えられます. ここで今度は式(23)の右側の関係を用い, 右辺第二項の和で $\tau \rightarrow -\tau$ の変数変換を行うと

$$\begin{aligned} \frac{h}{2\pi i} = & \sum_{\tau=-\infty}^{+\infty} P(n; n+\tau)Q(n+\tau; n) \\ & - \sum_{\tau=-\infty}^{+\infty} Q(n; n+\tau)P(n+\tau; n) \end{aligned} \quad (40)$$

と表されます. さらに, 運動量 p が $m\dot{q}$ で表される場合には, 式(35)を時間微分したものを式(15)に代入して同様に解き, 計算の途中で $Q^*Q = QQ^* = |Q|^2$ および式(23)の右側の関係を用いて

$$\begin{aligned} h = 4\pi^2 m \sum_{\tau=-\infty}^{+\infty} \{ & |Q(n+\tau; n)|^2 \nu(n+\tau; n) \\ & - |Q(n; n-\tau)|^2 \nu(n; n-\tau) \} \end{aligned} \quad (41)$$

と表されます. 式(40)および式(41)が新しい理論における量子条件となります.

4.2 新理論における振動振幅

続いて3節で発見された演算規則を用いて古い運動方程式を書き換えることを考えます. 簡単な場合として調和振動子(プランクの振動子)を考えると, その古典的運動方程式は

$$\ddot{x} + \frac{\kappa}{m}x = \ddot{x} + (2\pi\nu)^2 x = 0. \quad (42)$$

古い量子論における \ddot{x} は, 式(19)から

$$\ddot{x} = -\{2\pi\nu(n, \tau)\}^2 X(n, \tau)e^{2\pi i\nu(n, \tau)t} \quad (43)$$

と書かれ、式(42)に式(43)と式(19)を代入して

$$(2\pi)^2 \{v^2 - v(n, \tau)^2\} X(n, \tau) = 0 \quad (44)$$

が導かれますが、 $v = v(n, 1)$ および式(22)の左側の関係によって $\tau = \pm 1$ の場合のみフーリエ係数 $X(n, \tau)$ が非ゼロになる事がわかります(物理的には単振動には高調成分が存在しないことに対応)。

一方、新しい形式についてこれを対応的に考えると、 \ddot{x} は式(20)から

$$- \{2\pi v(n; n - \tau)\}^2 X(n; n - \tau) e^{2\pi i v(n; n - \tau)t} \quad (45)$$

と得られ、これを式(42)に代入して

$$(2\pi)^2 \{v^2 - v(n; n - \tau)^2\} X(n; n - \tau) = 0 \quad (46)$$

が得られますが、

$$v = v(n; n - 1) = -v(n - 1; n) = -v(n; n + 1) \quad (47)$$

が成立するので、古い考えの場合と同様、 $\tau = \pm 1$ の場合にのみ遷移振幅 $X(n; n - \tau)$ が非ゼロになる事がわかります(調和振動子における遷移選択則)。

$X(n; n \pm 1)$ の具体的な値は以下のように求められます。まず、式(41)の級数において $\tau = +1$ と -1 の項のみをピックアップすると

$$h = 8\pi^2 m v \left\{ |X(n+1; n)|^2 - |X(n; n-1)|^2 \right\} \quad (48)$$

が得られます。右辺の $\{ \}$ 括弧内は式(28)の微分に関する対応関係において $\tau = 1$ としたものであるから、この部分についての対応関係は

$$\frac{\partial}{\partial n} |X(n, 1)|^2 \leftrightarrow |X(n+1; n)|^2 - |X(n; n-1)|^2 \quad (49)$$

であり、さらに、 $X(n, 1) \leftrightarrow X(n; n - 1)$ の対応関係(3.1節)が成り立っているので、式(48)は

$$\frac{h}{8\pi^2 m v} = \frac{\partial}{\partial n} |X(n; n-1)|^2 \quad (50)$$

と書き直されます。この両辺を n で積分すると、式(46)における $\tau = +1$ の場合の遷移振幅の二乗

$$|X(n; n-1)|^2 = \frac{1}{8\pi^2 m v} n h \quad (51)$$

が求まります。一方、式(51)左辺の $|X|^2$ 内で複素共役をとってセミコロンで区切られた要素の順番を入れ替え、 $n \rightarrow n+1$ の変数変換を行うと、式(46)における $\tau = -1$ の場合の遷移振幅の二乗

$$|X(n; n+1)|^2 = \frac{1}{8\pi^2 m v} (n+1) h \quad (52)$$

が得られます。式(51)は与えられた n において x の振幅を定める関係式であり、量子条件(式(15))を遷移振幅によって対応原理的に書き直した形と言えます。実際、古典的な正弦振動の式 $q = X e^{2\pi i v t} + X^* e^{-2\pi i v t}$ (X : 振幅)に式(15)を適用して導かれる量子的に許された振幅の二乗($|X|^2$)が、式(51)の右辺と一致することが確かめられます。

4.3 新理論におけるエネルギー

ハイゼンベルクは、彼が導出した新しい形式において定常状態のエネルギー保存則が成り立っていること確かめる必要がありました。調和振動子のエネルギー E は古典的表現で

$$E = \frac{1}{2} m \dot{x}^2 + \frac{1}{2} m (2\pi v)^2 x^2 \quad (53)$$

と書かれます。まず、 \dot{x}^2 の $n \rightarrow n - \tau$ についての遷移成分については、式(20)から求めた \dot{x} を式(32)の二乗の演算規則に代入して

$$- 2\pi^2 m \left\{ \sum_{\tau'=-\infty}^{+\infty} v(n; n - \tau') v(n - \tau'; n - \tau) \cdot X(n; n - \tau') X(n - \tau'; n - \tau) e^{2\pi i v(n; n - \tau)t} \right\} \quad (54)$$

が得られます。これに遷移振幅 $X(n; n - \tau)$ が $\tau = \pm 1$ の場合のみ非ゼロとなる事(4.2節)、式(23)の右側の関係、および式(47)を適用すると、 \dot{x}^2 は

$$4\pi^2 v^2 \left\{ |X(n; n-1)|^2 + |X(n; n+1)|^2 \right\} \text{ for } \tau = 0 \\ - 4\pi^2 v^2 X(n; n \mp 1) X(n \mp 1; n \mp 2) e^{2\pi i v(n; n \mp 2)t} \text{ for } \tau = \pm 2. \quad (55)$$

x^2 についても式(32)を用いて同様な演算を行い、

$$|X(n; n-1)|^2 + |X(n; n+1)|^2 \text{ for } \tau = 0 \\ X(n; n \mp 1) X(n \mp 1; n \mp 2) e^{2\pi i v(n; n \mp 2)t} \text{ for } \tau = \pm 2 \quad (56)$$

が導かれます。最後に式(55)と式(56)を式(53)に代入すると、エネルギー E を表す遷移成分

$$4\pi^2 v^2 m \left\{ |X(n; n-1)|^2 + |X(n; n+1)|^2 \right\} \text{ for } \tau = 0 \\ 0 \text{ for } \tau \neq 0 \quad (57)$$

が得られます。ここで重要なのは、エネルギーの遷移成分としては $\tau = 0$ のもの、すなわち $n \rightarrow n$ に対応して時間 t を含まないものだけが非ゼロの値

を持ち、他のものは全てゼロになるという点です。これは定常状態におけるエネルギー保存則が成り立っていることを示すものであり、これによりハイゼンベルクは数学的に自己無矛盾で首尾一貫した体系の構築に成功したことを確信したのでした。「最初の一項でエネルギー則が本当に確認されたときに、私はある興奮状態におちいってしまい、それから先の計算では何度も何度も計算のミスを繰り返してしまったほどだった。…私は心底から驚愕した。私は原子現象の表面を突き抜けて、その背後に深く横たわる独特の内部的な美しさをもった土台をのぞきみたような感じがした。」[7]

なお、式(57)に式(51)と式(52)を代入すると量子力学における n 番目の状態にあるプランク振動子のエネルギー

$$E_n = \left(n + \frac{1}{2} \right) h\nu \quad (58)$$

が直ちに導かれ、ここには以前の実験結果から存在が期待されていたゼロ点振動エネルギー ($1/2h\nu$) が組み込まれていることがわかります。ハイゼンベルクはこの発見を「運動学的かつ力学的な関係の量子論的再解釈」という表題の論文[9]にまとめ (1925年7月投稿)、原稿をゲッチンゲン大学でハイゼンベルクの上司であったボルン (M. Born, 1882 – 1970, 1954年ノーベル物理学賞) に託して国外の旅へと出かけます[3]。

5. 行列力学への移行

5.1 行列表記の導入

ハイゼンベルクは行列力学の創始者と考えられていますが、彼は量子力学の発見時点では行列を知りませんでした(「若いハイゼンベルクが行列を知らずに行列力学を発見したことは面白い。新しい理論を発見するのに、必ずしもあらかじめそれにふさわしい数学を知っていなくともよい例である」[3])。ハイゼンベルクが発見した形式を行列表記に仕上げたのは、この理論が行列により簡便に表記できることに気づいたボルンおよび彼と協同したヨルダン (P. Jordan, 1902 – 1980) によるものです。ハイゼンベルクの形式が行列で記述されることは、積演算 (式(33)) における非可換性 ($YZ \neq ZY$)、あるいは正方行列の積 $\mathbf{X} = \mathbf{YZ}$ を考えたときに行列 \mathbf{X} の i 行 j 列の要素 x_{ij} が

$$x_{ij} = \sum_n y_{in'} z_{n'j} \quad (59)$$

と表されることから類推されます ($n': 1, 2, \dots$)。式(59)における n' の役割は、式 (33)における中間状態 $n - \tau'$ のそれに類似するものとなっています。

前節までは対応原理を用いる文脈で古典的描像を意識した“ $n \rightarrow n - \tau'$ ”という表記を用いてきましたが、今後は $n - \tau \equiv m$ として遷移を“ $n \rightarrow m$ ”と表すことにします。ハイゼンベルクの量子力学では座標 x や運動量 p などの物理量はそれぞれの遷移成分の集合と考えられます。今、ある物理量 A を考えると、 $n \rightarrow m$ の遷移成分 $A_{n,m} \equiv a_{n,m} \exp(2\pi i \nu_{n,m} t)$ の集合は、各成分を n 行 m 列の要素とする大きさ無限大の行列

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} a_{1,1} \exp(2\pi i \nu_{1,1} t) & \dots & a_{1,m} \exp(2\pi i \nu_{1,m} t) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n,1} \exp(2\pi i \nu_{n,1} t) & \dots & a_{n,m} \exp(2\pi i \nu_{n,m} t) \end{bmatrix} \quad (60)$$

によって表すことができます。ここで各々の行列要素は $\nu_{n,m}$ の遷移振動数で振動しており ($n = m$ のときのみ振動数 0)、それらはリッツの結合則 (式(31)) を満たします。 \mathbf{A} が観測にかかるような実在的物理量を表す行列ならばその対角成分 ($A_{n,n}$) は実数であり、行列要素 $A_{n,m}$ は次の関係

$$A_{n,m} = A_{m,n}^* \quad (61)$$

を満足すること、すなわちエルミート行列である必要があります[10]。式(61)はハイゼンベルクが用いた複素共役関係 (式(23)の右側の関係) の行列版といえます。

5.2 交換関係および物理量の表現

ハイゼンベルクが導いた形式はボルンとヨルダンによって見通しの良い形式に仕上げられてゆきます。式(40)の量子条件は式(59)のアナロジーから位置および運動量を表す行列 \mathbf{X} と \mathbf{P} について

$$(\mathbf{PX})_{n,n} - (\mathbf{XP})_{n,n} = -i\hbar, \quad \hbar \equiv \frac{h}{2\pi} \quad (62)$$

と表され (添え字の n, n は積の対角成分を表す)、さらにその非対角要素が 0 となるという仮定を付すことで、式(40)に代わる新しい量子条件として

$$\mathbf{PX} - \mathbf{XP} = -i\hbar \mathbf{I} \quad (63)$$

という簡潔な形が導かれます[6] (\mathbf{I} は単位行列)。

式(63)は正準交換関係と称されます。

\mathbf{X} および \mathbf{P} は以下のように導かれます。式(46)から $\tau = \pm 1$ のときのみ $X(n; n - \tau)$ が非ゼロになること、および式(51)と式(52)から、調和振動子の位置行列 \mathbf{X} の行列要素 $X_{n,m}$ は

$$\begin{aligned} X_{n,n-1} &= \sqrt{\frac{nh}{8\pi^2 m \nu}} e^{2\pi i \nu t}, \\ X_{n-1,n} &= \sqrt{\frac{nh}{8\pi^2 m \nu}} e^{-2\pi i \nu t} \end{aligned} \quad (64)$$

であり、 $n \neq \pm 1$ 以外の要素は 0 となります (第二式の指数部の負号は式(22)の右側の関係による)。さらに $p = m\dot{x} = 2\pi i m \nu x$ を用いると、調和振動子の運動量行列 \mathbf{P} の行列要素 $P_{n,m}$ は

$$\begin{aligned} P_{n,n-1} &= i\sqrt{\frac{nhm \nu}{2}} e^{2\pi i \nu t}, \\ P_{n-1,n} &= -i\sqrt{\frac{nhm \nu}{2}} e^{-2\pi i \nu t} \end{aligned} \quad (65)$$

と求められます (同様に $n \neq \pm 1$ 以外の要素は 0)。式(64)と式(65)から、調和振動子の $t = 0$ における位置行列 \mathbf{X} および運動量行列 \mathbf{P} は

$$\mathbf{X} = \sqrt{\frac{h}{8\pi^2 m \nu}} \begin{bmatrix} 0 & \sqrt{1} & 0 & \dots \\ \sqrt{1} & 0 & \sqrt{2} & \\ 0 & \sqrt{2} & 0 & \sqrt{3} \\ \vdots & & \sqrt{3} & \ddots \end{bmatrix} \quad (66)$$

$$\mathbf{P} = i\sqrt{\frac{hm \nu}{2}} \begin{bmatrix} 0 & -\sqrt{1} & 0 & \dots \\ \sqrt{1} & 0 & -\sqrt{2} & \\ 0 & \sqrt{2} & 0 & -\sqrt{3} \\ \vdots & & \sqrt{3} & \ddots \end{bmatrix} \quad (67)$$

と表されます。式(66)と式(67)は正準交換関係 (式(63)) を満足するものとなっています。

5.3 ハイゼンベルクの運動方程式

運動方程式についてはハミルトンの正準方程式

$$\frac{d\mathbf{X}}{dt} = \frac{\partial \mathbf{H}}{\partial \mathbf{P}}, \quad \frac{d\mathbf{P}}{dt} = -\frac{\partial \mathbf{H}}{\partial \mathbf{X}} \quad (68)$$

が量子力学でもそのまま当てはまるという仮定から出発します。 \mathbf{H} は古典力学の場合と同様ハミルトニアンと呼びます。そして、もし式(63)が成り立っていれば、 \mathbf{X} と \mathbf{P} の関数である任意の行列 $\mathbf{A}(\mathbf{X}, \mathbf{P})$ について

$$\frac{\partial \mathbf{A}}{\partial \mathbf{X}} = \frac{i}{\hbar} (\mathbf{P}\mathbf{A} - \mathbf{A}\mathbf{P}), \quad \frac{\partial \mathbf{A}}{\partial \mathbf{P}} = -\frac{i}{\hbar} (\mathbf{X}\mathbf{A} - \mathbf{A}\mathbf{X}) \quad (69)$$

が成立する事が示されます (証明は文献 6)。式(69)において $\mathbf{A} = \mathbf{H}$ としたものを式(68)に代入すると

$$\frac{d\mathbf{X}}{dt} = \frac{i}{\hbar} (\mathbf{H}\mathbf{X} - \mathbf{X}\mathbf{H}), \quad \frac{d\mathbf{P}}{dt} = \frac{i}{\hbar} (\mathbf{H}\mathbf{P} - \mathbf{P}\mathbf{H}) \quad (70)$$

が得られ、これは一般の行列 $\mathbf{A}(\mathbf{X}, \mathbf{P})$ に拡張して

$$-i\hbar \frac{d\mathbf{A}}{dt} = \mathbf{H}\mathbf{A} - \mathbf{A}\mathbf{H} \quad (71)$$

と書かれます [3,6]。式(71)は量子力学における運動方程式であり、ハイゼンベルクの運動方程式と呼ばれるものです。この式は力学量について 1 階の時間微分の形で書かれており、翌年に導かれたシュレディンガーの運動方程式 $i\hbar \dot{\phi} = \mathbf{H}\phi$ [5] と対応をなすものです。式(71)で $\mathbf{A} = \mathbf{H}$ とおくと $\dot{\mathbf{H}} = 0$ が得られ、これはハイゼンベルクが導いたエネルギー保存則 (式(57)) を表現するものとなります。

ボルンとヨルダンは行列表記と正準形式による演算の発見 (最も重要なものは式(63)の発見) を論文にまとめ、ハイゼンベルクの論文投稿から僅か 2 か月後の 1925 年 9 月、「量子力学について」という表題で投稿します [11]。さらに 1926 年初頭にはボルン・ハイゼンベルク・ヨルダンの共著による 59 ページに及ぶ集大成ともいえる論文が出版され (投稿は 1925 年 11 月) [12]、ハイゼンベルクが発見した量子力学はひとまずの完成をみることとなります。

6. ハイゼンベルクの生涯

6.1 生い立ち：大学入学まで

ハイゼンベルクは 1901 年ドイツのヴェルツブルグで生まれ、ギリシャ語を専門とする父親のミュンヘン大学教授就任に伴いミュンヘンに移ります。十代中頃は第一次世界大戦 (1914 - 1918) に重なり、大戦末期には飢餓から逃れるため高地バイエルンの農場で作男として働き、終戦後は内戦状態の混乱に陥ったミュンヘンで短期間政府軍に協力して軍隊の営舎に勤務する生活を送ります。ハイゼンベルクは当時の雰囲気や「平和な時代の若者たちをとりまいていた家庭や学校による保護は、もはやこの混乱の時代にはほとんど失われて、

その代わりに若者たちがある程度自由に考える傾向が生まれていた。彼らはそれによって、まだ十分な基礎ができていない場合でも、自分自身の判断を信用するようになっていたのである」[7]と記述しています。

このような必ずしも学校に正常に通学できない状況にあって数学には特に関心を抱き勉強を重ねたと伝えられています。この時期にはプラトンの「ティマイオス」と出会い、物質の一番小さな構成要素を立体幾何学の正多面体により説明した箇所に不満を抱きます。「プラトンのように非常に批判的に、かつ鋭くものを考えることのできる哲学者が、どうしてそのようなむちゃな思弁に陥ってしまったのかと、私はひどく理解に苦しんだ。… おそらくこの読書による最大の収穫は、もしも物質世界を理解しようというなら、その一番小さな部分について何かを知らなくてはならないという確信であった。」[7]

ハイゼンベルクは高校卒業試験を通過後、数学者ヘルマン・ワイルが相対性理論について記した「空間・時間・物質」という本に夢中になり、ミュンヘン大学において数学を勉強するという決心を一層強いものにしてゆきます。

6.2 研究の開始～ボーアとの出会い

大学入学と同時にハイゼンベルクは父の紹介により数学者リンデマンの教授室を訪ね、セミナーへの参加許可を請いますが断られてしまいます。落胆した彼は再度父と相談し、今度は理論物理学分野の著名な教授であったゾンマーフェルト (A. Sommerfeld, 1868 – 1951) を訪ねます。彼はハイゼンベルクを暖かく迎え、相対性理論の問題領域に惹かれるハイゼンベルクに助言を与えます。「一番難しい所からやったからといって、もっともやさしいことがひとりで理解できるようになると期待することはできませんよ。… そこへの道はあなたが今考えているよりもずっと遠いのです。あなたは伝統的な物理学の領域の中の、もっと手頃な、細かい仕事から始めなくてははいけません。」[7]

このようにして、1920年秋からゾンマーフェルトの研究室において理論物理の研究を開始します。研究室の先輩にはパウリ (W. Pauli, 1900 – 1958, 1945年ノーベル物理学賞) [13]がおり、歳が近く気安い相談相手だった彼から刺激と助言を受けた

ことはハイゼンベルクにとって大きな幸運でした。パウリは当初相対性理論に興味を傾いていたハイゼンベルクに対し、未解決な謎が多く残る原子論に向かう方が賢明であることを説きます。

1922年の初夏、ハイゼンベルクはゲッチンゲンで行われるボーアによる連続講義に出席する機会を得ます。そしてある回の講義の終わり頃に思い切って批判的な疑念を述べたところ、それが的確なものであったため、ボーアはハイゼンベルクと討論を続けるため講義後に彼を散歩に誘います。そこでハイゼンベルクはボーアと原子論の問題について話し合い、いずれボーアのコペンハーゲンの研究所を訪れるよう誘われます。「この散歩は、私のそれ以後の学問的生長にとって最も強い影響を与えたものであった。あるいは、むしろ私の学問的生長はこの散歩を機会に、ようやく始まったのだといった方がさらに適切かもしれない。」[7]

ミュンヘンへの帰途、ゾンマーフェルトはハイゼンベルクに流体力学の課題を与えます。ハイゼンベルクは1923年、1学期(半年)で乱流におけるポアズイユ流れの安定性に関する学位論文の仕事とその審査を済ませて博士号を取得します[14]。1923年の後学期をゲッチンゲンでボルンの助手として働いた後、1924年春、コペンハーゲンのボーアを訪ねるべくデンマークへと旅立ちます。

6.3 量子力学の発見～ノーベル賞の受賞

1924年から1925年、ハイゼンベルクはコペンハーゲンとゲッチンゲンを行き来しながら研究に取り組みます。そして、コペンハーゲンにおいてクラマース (H. A. Kramers, 1894 – 1952) と協同して光散乱の分散公式を導いた経験をふまえて、3節に記述した道筋に沿い、対応原理を精密化してゆく仕事に取り掛かります。1925年の初夏、ハイゼンベルクは重い枯草熱(花粉症)にかかったことからボルンに2週間の休暇を願い出て、北海にある小さな島に療養を訪れます。その静かな宿屋で問題に取り組んでいたある晩、ハイゼンベルクはついに量子力学を発見します[7]。

1926年の春、ハイゼンベルクはベルリン大学の物理学談話会で量子力学を発表するよう要請され、そこでアインシュタインと討論する機会を持ちます。しかし、原子内電子の軌道運動をそれが観測できないという理由により根本から排除してしま

ったハイゼンベルクの理論はアインシュタインには受け入れ難いものでした。この点に関する哲学の相違は、その後アインシュタインとコペンハーゲン学派との間に長く横たわることになります。

ハイゼンベルクは1927年には不確定性原理を発表し、量子力学の発展に重要な貢献を行います。1927年の末にはライプチヒ大学教授に就任し、1932年には31歳という若さでノーベル物理学賞を受賞します。

6.4 第二次世界大戦期とその後

1930年代初頭からドイツ国内を覆い始めたナチス台頭の影はハイゼンベルクに深い懸念と失望を与えます。ナチスによる大学への干渉が強まる中、ハイゼンベルクは抗議を示すため同僚たちと辞職することを考えますが、それについて助言を求めたプランクから、そのような辞職をしても効果は期待できず破局はいずれ避けられないこと、むしろ破局が終わった後の再生をどうするかに目標を向けるべきであることを説かれ思いとどまります[7]。第二次大戦は政権への協力義務も含めハイゼンベルクに著しい苦悩を与えたばかりでなく、末期には自身の家も空襲により焼失しています。

終戦後、ハイゼンベルクはマックス・プランク研究所の所長に就任し、物理学と原子力利用に関する様々な課題に取り組みながら、1970年の退職まで学術界の再生と発展に尽してゆきます。

参考文献

- [1] 花村克悟, マックス・プランクの功績, 伝熱, **48-205** (2009) 32.
- [2] 村上陽一, ニールス・ボーアの功績, 伝熱, **49-206** (2010) 25.
- [3] 量子力学の発展史, 高林武彦著, 中央公論社 (1977).
- [4] 村上陽一, ルイ・ド・ブロイの功績, 伝熱, **49-208** (2010) 52.
- [5] 芝原正彦, エルヴィン・シュレディンガーの功績, 伝熱, **49-209** (2010) 72.
- [6] 量子力学 I, 朝永振一郎著, みすず書房 (1969).
- [7] 部分と全体, ハイゼンベルク著, 山崎和夫訳, みすず書房 (1999).
- [8] この計算はハイゼンベルクの導いた形式 (および行列力学) では数学的に極めて複雑になり, 結局彼自身によっては解かれませんでした. この問題は技巧的数学を駆使したパウリによって行列力学を用いて部分的に解かれ, これによってハイゼンベルクの理論の妥当性が確認されることとなります.
- [9] W. Heisenberg, *Z. Physik*, **33** (1925) 879.
- [10] 一方, 観測にはかかからない非実在的物理量, 例えば生成・消滅を表す行列などはエルミート行列にはなりません.
- [11] M. Born, P. Jordan, *Z. Physik*, **34** (1925) 858.
- [12] M. Born, W. Heisenberg, P. Jordan, *Z. Physik*, **35** (1926) 557.
- [13] パウリは高校卒業の2か月後の18歳のときに一般相対性理論に関する人生最初の論文を出版し, 21歳の若さで水素分子イオンの量子論に関する学位論文により博士号を取得しています.
- [14] 文献7の訳者が述べるように, 通常ドイツで物理の学位をとるのに大学入学から8~9年かかるのところ, 入学から3年, 実質半年で学位を取ったハイゼンベルクの才能がいかに並外れたものであったかが伺えます. この学位論文は数学的な技巧を駆使して複雑な非線形問題を扱ったもので, その結果は正しいものであったにもかかわらず, 完全に理解されるまでにはほぼ30年を要したそうです. このような学位研究の課題設定は, 量子論のような先端研究を行う際にも古典物理学の基礎は形成されているべきとしたゾンマーフェルトの方針によるものと思われます. なお, ゾンマーフェルト自身もミュンヘンに移る以前は流体潤滑の研究を行っており, すべり軸受の潤滑状態の評価に用いられるゾンマーフェルト数という無次元数を残しています.

最新の電気自動車の技術 Technology of Electric Vehicles Today

清水 浩 (慶應義塾大学)
Hiroshi SHIMIZU (Keio University)
e-mail: hiros@sfc.keio.ac.jp

1. はじめに

地球温暖化、石油枯渇の問題は人類がどうしても解決しなくてはならない問題である。さらに、2011年3月11日の東日本大震災による原発事故に端を発して、原発の在り様が問われている。

これらの問題に対して交通部門が、特に自動車占める割合は大きい。世界的に見て、CO₂の約20%は車から出ている。また、石油消費の約半分も車によるものである。

この問題に対応するために、多くの試みが成されてきた。大きくは、これまでの内燃機関自動車の原理はそのままに改良を加える方法である。もう一つは電気駆動とすることである。

この電気駆動とする場合、電源の違いによって幾つかの方式がある。電池に貯えた電力を使って走る車が一般的な電気自動車である。内燃機関を使った発電機による電力で走行するのがシリーズ型ハイブリッド車である。さらに、燃料電池による電力で走行するのが燃料電池自動車である。

これらの車の中で、今、電気自動車が強い関心を集めている。本稿では、電気自動車の現状と将来について述べることを目的とする。

2. 何故、今、電気自動車か

電気自動車の歴史は古い。内燃機関自動車が發明されたのは1886年であるが、電気自動車は1894年であった。1900年当時の性能ではむしろ電気自動車が勝っていたが、その後、内燃機関自動車の技術開発が目覚しかったことに対して、電気自動車の技術進歩は進まず衰退した。

1960年代以降、自動車には環境の問題が起こった。70年代以降は、石油ショックに基づき石油の供給が不安定になった。そして90年代以降は温暖化の対策が迫られている。

これらに対して、自動車産業は大きな投資を行い対策に当たってきたが、効果は限定的であった。

一方、電気自動車については、1900年代の末近くになって性能を著しく向上させる各種の技術の發明があった。そして、2000年を越す頃から、これらが成熟技術として利用可能になった。その結果として、性能が低くて使い物にならないと言われてきた電気自動車が、内燃機関自動車に追いつくどころか、ある性能では内燃機関自動車を超す水準に来ている。

ここで、必要なことは電気自動車の効率についての理解である。

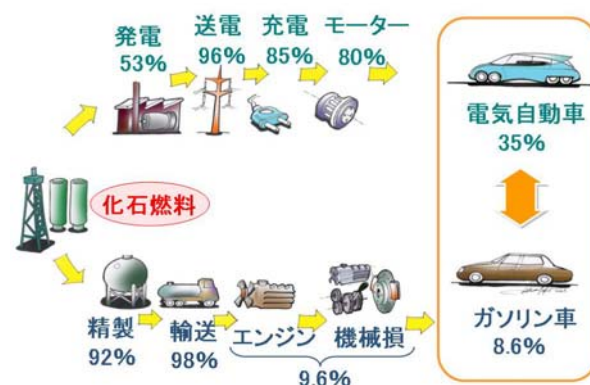


図1 電気自動車と内燃機関自動車のエネルギー効率

図1は化石燃料を一次エネルギーとする時の内燃機関自動車と電気自動車の効率比を表している。ここでいう効率とは、化石燃料がもつエネルギーを、どれだけ自動車を走行させるためのエネルギーとして使えるか、という値である。

同図では、電気自動車では発電、送電、充電、モーターの各効率を示してある。内燃機関自動車では、精製、輸送、及び力の伝達の効率を計算してある。両者を掛け合わせた結果が、図の右側の数値として示されているが、電気自動車の方が約4倍良好である。

こうして、走行に必要なエネルギーの効率につ

いて、電気自動車は圧倒的に良いが、このようにして作られるエネルギーは空気抵抗と転がり摩擦抵抗に打ち勝って、車が進むために使われる。これらの抵抗の内、特に空気抵抗について電気自動車はエンジンルームの熱を減らすためのラジエーターグリルが不要であることなど、本質的に減らせる要因がある。

結果として、実質的なエネルギー消費の差は、上記で示した効率比の良さ以上に大きくなる。

従って、もし電気自動車が普及すれば、走行中に排ガスや騒音を出さないことはもとより、極めて僅かのエネルギーで走行可能なため、例えば化石燃料を一次エネルギーとして消費したとしても、石油枯渇、及び温暖化の対策として大きな効果を生むのである。

また、近い将来、原子力の問題を機に自然エネルギーの利用が高まると予測される。すると、化石燃料に頼らないエネルギーで電気自動車の走行が可能となり、自動車をもたらす石油枯渇、及び温暖化の問題に対して抜本的な解決策となる。

このことが、今後人類が電気自動車を選択しなくてはならない理由である。

但し、現在、電気自動車の市販化は始まっているものの、自動車の総生産台数に占める割合は極僅かである。その理由は、内燃機関自動車に比べ、その性能が追いついていないことによる。

それでは、自動車の性能とは何かを極めて単純にまとめたのが図2である。

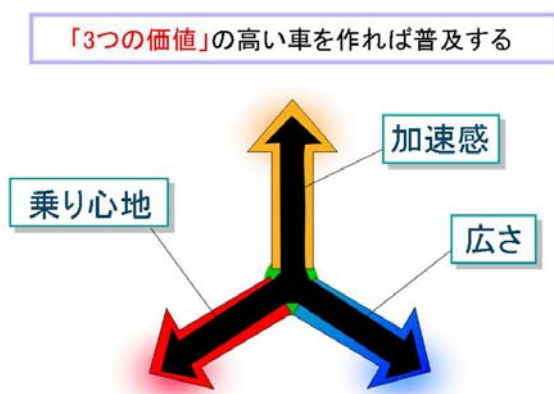


図2 自動車の価値

同図で示されるように車の性能は、加速感、広さ、乗り心地に集約される。この3つの価値が価格当たりで大きい小さいかが、車が選別されるか

否かを定める。これまでの電気自動車は、この3つの価値で作る三角形が極めて小さかった。このため、多くの利用者からの共感を得ることが出来なかったということである。

さらに、電気自動車では一充電当りの航続距離の短さがもう1つの問題であった。従って、電気自動車が普及するには航続距離を実用上十分な値にまで高めた上で、加速感、広さ、乗り心地について内燃機関自動車を超えるのを実現することが求められる。

3. 電気自動車の基本構造と基本部品

内燃機関は回転可能な範囲が限られている。そのため、これを用いた車で低速から高速までの走行を可能にするにはトランスミッションを設けて、ギヤシフトをしながら走行することが必須であった。このため、内燃機関、クラッチ、トランスミッション、デファレンシャルギアから成るドライブトレインで形成されなくてはならなかった。

一方で、電気自動車を使うモーターは、回転数ゼロで高いトルクが発生し、ある回転数まではこれが維持され、高速になるとこれが低下するという特性を持つ。このため、トランスミッションは必ずしもなくて良い。このため、車体におけるモーターの設置場所に自由度が増す。

これまでの電気自動車では従来のエンジンの位置にモーターを置く方法がほとんどであった。これは、内燃機関自動車に大きな手をかけることなく電気自動車として作ることが出来るという容易さがあるためである。このように、エンジンの位置にモーターを置く方式をオンボード型と呼ぶことにする。

もう1つの考え方として、車輪の中に挿入するという技術がある。これをインホイールモーターと呼ぶことにする。

このように、現在、電気自動車の基本的な構造としては2種類が存在する。

次に、電気自動車に関わる基本部品について述べる。

電気自動車の駆動装置は、モーター、インバーター、電池が基本である。

3.1 モーター

100年以上もあるモーターの歴史の中で数多くのモーターが発明されてきた。

モーターは、大きく直流モーターと交流モーターに分類される。直流モーターは任意の電圧の直流をかけると電圧に応じてトルクと回転数が得られる。交流モーターは、電池からの直流を一旦、任意の周波数と電圧の交流に変換する。モーターの効率、制御性、メンテナンス不要であること等から、現在の主流は交流モーターである。

交流モーターにも大きく分けて3種類ある。

永久磁石式同期型、誘導型、スイッチトリラクタンス型である。モーターの原理は、コイルで発生する電磁石で何かを引き付ける力を利用するということである。その引き付ける相手として、鉄片を使うのがスイッチトリラクタンス型、電磁石を使うのが誘導型、永久磁石を使うのが永久磁石式同期型である。このような基本原理を考えると鉄片を引っ張るよりも磁石を引っ張る方が大きな力を出すことが出来る。

また、永久磁石は、電磁石に比べて磁力を出すために電力を必要としない。このような基本原理を考えると、永久磁石式同期モーターが最も効率が低いと言える。

歴史的には、誘導モーターが古く、1980年代まではこれが主流であった。これに対して、1982年に日本人の佐川眞人氏がネオジム-鉄磁石を発明し、これが1990年過ぎから商品化され、さらに2000年過ぎには大量に作られるようになった。

このため、日本で作られる電気自動車用モーターは現在、ほとんどがこの方式となっている。

3.2 インバーター

インバーターは交流モーターを任意の回転数とトルクで回転させるための速度変換機である。モーターの回転センサーからの情報から、モーターに最も効率の良いタイミングで電流を流す機能と、アクセルからのトルク指令に従って、モーターに任意の電流を流す機能を有する。

インバーターは、センサーとアクセルからの信号を受け取ってモーターに流すべき電流のタイミングとその大きさを決定するコントロール部とコントロール部からの指令で大きな電流をモーターに流すためのパワー部から成る。インバーターの性能はこのパワー部のトランジスタに大きく左右される。そのトランジスタとして、1980年代まではシリコン型ハイポラートランジスタが使われていたがその後、比較的低電圧、低電流の領域で

は、パワーMOSFETが使われ、大電流、大電圧ではIGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor)が使われることが多い。IGBTはハイポラートランジスタとパワーMOSFETを組合せたデバイスで数百アンペア、数百ボルトまでの利用が可能である。このため、日本で使われている電気自動車には主にこれが使われている。

3.3 電池

従来、電気自動車用の電池として、鉛電池が使われてきた。

しかし、この電池は重量当りに蓄えられる電力量(エネルギー密度)、一瞬で取り出すことが出来る電力(パワー密度)、何回充電が可能か(寿命)の3点の性能が十分でなかった。

1980-90年代にかけて、これに替る多くの電池が発明され、実行化が試みられた。

その中で、これが本命とみられる電池として、1986年に日本の吉野彰氏がリチウムイオン電池を発明した。当初、この電池は携帯用のビデオカメラ用電池に用いられた。その規格は太さ18mm、長さ65mmであったために18650という名が付けられた。

その後、この電池は携帯電話用に大量に作られるようになった。そして2000年を越す頃から大型の電気自動車用、あるいは大量の電力を貯えるための電池として開発が進められてきた。

リチウムイオン電池は、プラス極、マイナス極とその間にセパレーターが入っており、両極の間が電解液で満たされるというのが基本構造である。そして、放電の時にはプラス極からマイナス極に、充電の時にはその逆にイオン状のリチウムが移動することで電池としての働きをする。それぞれの極には、リチウムを貯えておく物質が塗られているが、これらは活物質と呼ばれている。この内、陽極活物質には現在はコバルト、ニッケル、マンガ、リン酸鉄のいずれかが使われている。あるいは、コバルト、ニッケル、マンガンを混ぜ合わせた三元系というものもある。一方で、陰極物質には天然黒鉛、ハードカーボン、酸化チタンの3つがある。

これらの物質にはそれぞれ特性がある。コバルトとニッケルはエネルギー密度を高くするには効果があるが反応性が高く安全性に特別な配慮がいる。マンガンは、エネルギー密度、安全性ともに比較的バランスが良い。リン酸鉄は、エネルギー

密度には不利であるが、安全性は高い。陰極物質の天然黒鉛はエネルギー密度が高いため、これまで最も良く使われてきたが、パワー密度、寿命がそれ程良くない。ハードカーボン、酸化チタンは、エネルギー密度は天然黒鉛並にすることは難しいが寿命とパワー密度で極めて高性能を示す。

現在、国内には幾つかのリチウムイオン電池メーカーがあり、各社がどの活物質を選択するかが経営戦略上、重要な要件である。これらの活物質の選択肢の内、どの物質が生き残るのかは、まだ予断は出来ない。

4. 電気自動車の車体構造

電気自動車は、これまでの内燃機関自動車のエンジンを取り外し、替りにモーターと電池、インバーターを搭載することで走行は可能である。だが、これまでの車は内燃機関とそれに関わるパワートレインを搭載することに最も合理性の高い構造で作られてきた。このため、いかに良いコンポーネントを利用しても、その性能において内燃機関自動車のそれを上回することは難しかった。

これに対して、筆者は車体構造を電気自動車に合ったものにするのが、その性能向上の鍵であると考え、その考えのもとでこれまで12台の電気自動車の開発に携わってきた。

筆者が主に採用してきたのは、インホイールモーターとコンポーネントビルトイン式フレームと名づけたフレーム構造である。

4.1 インホイールモーター

モーターを車輪の中に挿入する形式をインホイールモーターと呼びたい。但し、ホイールにはブレーキも取り付けられることになるため、厳密には車輪には直結しているが、モーター自体はホイールからはみ出す構成もある。

インホイールモーターに関して、筆者らはこれまで2つの異なる方式を選択してきた。1つは、モーターと車輪の間に減速ギアを挿入するもの、もう1つはモーターの回転子をホイールに直接結合するもので、前者をギアリダクション方式、後者をダイレクトドライブ方式と呼んでいる。両者の構造的な違いを図3に示す。

一般にモーターのサイズは最大トルクで決まる。また、その出力は最大トルクと最大トルクが維持できる回転数の積で決まる。この回転数を基底回

転数と呼ぶ。基底回転数は、モーターにかかる最大電圧に比例する。このため、モーターの絶縁と機械的強度が十分であれば比較的高速でモーターを回転させることは可能である。

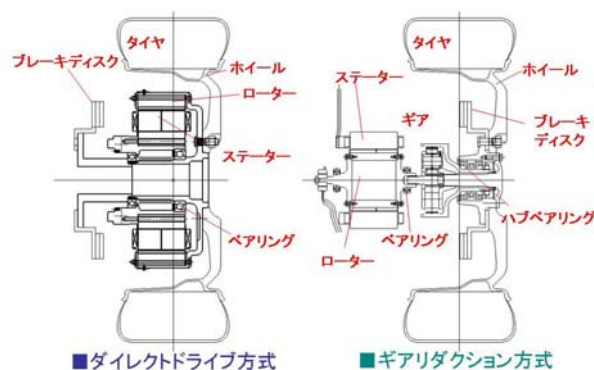


図3 ギアリダクション方式とダイレクトドライブ方式

このように考えた時、モーターのサイズを小さくして、大きなトルクを出すために減速ギアで回転数を落とす替りにギア比の分だけトルクを大きくするのがギアリダクション方式である。モーターにおいて、このようにギアで回転数を落とすのは極めて一般的である。

しかし、この方式ではモーターと車輪の間にあるギアである程度の損失が起こる。電気自動車で加減速を繰り返して走行する時には、このギアが1枚入るか否かで20~30%エネルギー消費に影響が出る。電気自動車で問題になる航続距離を長くするためには、この損失は極めて大きい。

この問題をなくすためには、モーターのトルクを大きくしてギアを介さなくても車体の駆動が出来るようにすることが有効である。これがダイレクトドライブである。

モーターはコイルに電流を流すことで磁石に力を発生させる。構造としては、コイルは固定子として回転せず、磁石は回転子として回転する。

モーターの機械的構造には2種類ある。1つは回転子にギアを取り付け易くするために回転子を固定式の内側に置く、インナーローター方式である。

もう1つはアウターローター方式である。ダイレクトドライブとした時、ギア取り付けが不要になるためにアウターローター構造を容易に利用出来る。

一般にインナーローターに比べて、アウターローター構造の方が大きなトルクを出すことが出来る。このため、ダイレクトドライブではアウター



図4 インホイールモーター

ローター方式とするのが効果的である。こうして作ったモーターの実物を図4に示す。左側が固定子，右側が回転子で，実際のモーターはこの2つが一体化する。このインホイールモーターにおいて，専門家から長年問題があるとされてきたのは，ばね下重量が重くなり，乗り心地に影響が出るということである。かつて，車がリジッドサスペンションで，かつ，板バネの時代で，しかも舗装道路が少なかった時代には，これが大きな問題であった。しかし，舗装道路が通常と成り，かつサスペンション技術が向上した現代では，もはやこの問題は発生しない。

4.2 コンポーネントビルトイン式フレーム

電気自動車ではモーターと同時に大きな容積を占めるのが電池である。これまでの電気自動車ではボンネットの中やトランクルームを減らす等の方法で電池の収納空間を構成してきた。

電気自動車では，エンジンからの力を車輪に伝えるプロペラシャフトが必要ない。床下にマフラーを置くことの必要もない。これらを考慮すると，床下に中空の強固なフレーム構造を作り，その中空空間に電池を収納することが合理的であると筆者は考えた。これを電池が収納されるフレーム構造という意味で，バッテリービルトイン式フレームと名付けた。

さらに，インバーター等の主要コンポーネントも床下に収納することが合理的であるとの考えに至り，これをコンポーネントビルトイン式フレームと名付けた。

その概念図を図5に示す。フレームの中央部に電池を収納し，両側に他の主要部品を収納する。

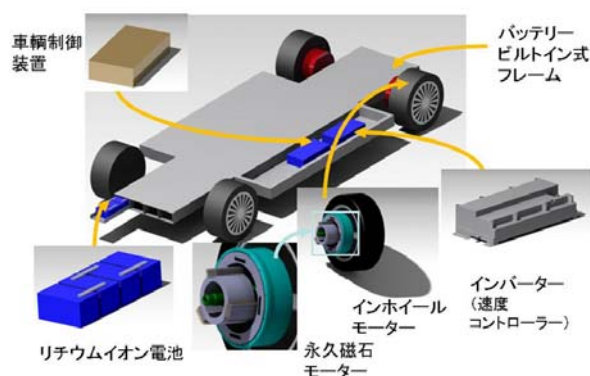


図5 コンポーネントビルトイン式フレームの概念図

この技術を用いると，これまでデッドスペースだったフレーム構造部分が有効に使えるため，車室を広くする効果がある。また，電池容器とフレーム構造を一体化出来るため，車体の軽量化に役立つ。さらには，最も重い電池が床下に来るため重心が低くなるという利点も生まれる。

5. 最新の電気自動車：SIM-LEI を例にして

筆者らは，2009年8月に電気自動車を世界に普及させるための会社としてSIM-Driveという会社を立ち上げた。

当社のビジネスモデルの第1は，会員を募って数年先に発売が期待される電気自動車の先行開発車を試作することである。さらに第2のモデルはここで生まれる技術を利用した企業に技術移転することである。

この先行開発車事業の1号で，SIM-LEIと名付けた電気自動車を試作した。その概観写真を図6に示す。



図6 SIM-LEIの外観写真

また、主要緒元を表1に示す。

表1 SIM-LEIの基本仕様

全長/全幅/全高	4790mm/1600mm/1550mm
室内長/幅/座席間隔	2100mm/1260mm/1000mm
定員	4名
重量	1650kg
駆動方式	アウターローター式ダイレクト ドライブインホイールモーター
駆動輪数	4
一充電航続距離 (JC08モード) (100km定速走行)	333km 305km
走行エネルギーの消費量 (JC08モード) (100km定速走行)	77Wh/km 84Wh/km
最高速度	150km/h

SIM-LEIの目標としたところは、加速感と広さを十分に取った上で一充電走行距離を300km以上とすることである。モーターは最大出力65kW、最大トルク700Nmのアウターローター方式ダイレクトドライブ型インホイールモーターを採用した。駆動は4輪駆動であるから車体の最大出力は260kWである。電池は東芝製SCiB型リチウムイオン電池で、そのエネルギーは24.9kWhである。

車体寸法は、全長4.79m、全幅1.6m、全高1.55mで、全長に対して全幅を狭くしてある。これは、空気抵抗を極力減らすことが目的で、空気抵抗係数の値は0.19である。タイヤはブリヂストン製の超低転がり摩擦タイヤを用いた。車体重量は、1650kgである。

これらの条件で、航続距離は日本での標準の走行モードのJC08モードで333kmである。最高速度は150km/hである。

車室の広さは、全長2.1m、全幅1.26m、前後の座席の間隔は1mである。車室の広さは高級車とされる車の広さが確保されている。

これらの性能と、航続距離300kmを越しているということは、これまでの調査結果から約6割の人々が満足と言える結果である。

以上の成果から、電気自動車についての欠点とされてきた航続距離は十分に満足すべき値である。

広さについても同クラスの内燃機関自動車と比べても上回る水準にある。

従って、このような性能の電気自動車は社会的に十分受け入れ可能な水準であると言える。この技術は当社の事業に参加した機関であれば誰でもが利用可能である。

6. まとめ

本文では電気自動車が求められる背景から始まり、株式会社SIM-Driveの先行開発車事業での成果である最新の電気自動車SIM-LEIまで、電気自動車の現状について述べてきた。ここで示したように、電気自動車は技術的には社会に十分受け入れられる水準に達している。今後は多くの企業にこの成果を理解して頂き、それぞれの企業のビジネスに役立てることにより、一刻も早く電気自動車が大量普及することを願っている。

第8回日米熱工学合同会議報告

*Report on the 2011 ASME-JSME Thermal Engineering
Joint Conference*

佐藤 勲 (東京工業大学)

Isao SATOH (Tokyo Institute of Technology)

e-mail: satohi@mep.titech.ac.jp

1. はじめに

第8回日米熱工学合同会議 (AJTEC2011) が、2011年3月13日 (日) ~17日 (木) にわたり、米国ハワイ州ホノルル市において開催された。折しも、開催日直前の日本は東日本大震災に伴う混乱のさなかにあり、本会議の開催も大いに危ぶまれたが、米国側を含めた参加者各位の熱意と協力により、無事、当初の予定通り開催することができた。まずは関係各位に篤く御礼を申し上げるとともに、震災で被災された方々に心からお見舞いを申し上げたい。

2. 開催準備と会議形態

AJTEC2011の開催準備は、前回第7回の日米熱工学合同会議終了直後から、米国側委員長の James Klausner 教授 (フロリダ大学) と日本側委員長の菱田公一教授 (慶應義塾大学) を中心に開始された。当初から会期は2011年度、幹事学会は2003年度の第6回と同様、日本機械学会が担うことは確認されていたが、会議形態、開催地などについては、幾度となく繰り返された議論によって決定された。特に会議形態については、日米流体工学合同会議との合同開催、韓国、中国等の参加などについて、2008年8月に、2008 ASME Heat Transfer/Fluids/Solar/Nano Conferences (フロリダ州ジャクソンビル) に日本側委員長・幹事が出向き、ASMEの伝熱部門、流体工学部門、日本機械学会流体工学部門の代表者との真摯な意見交換を行った。その結果、これらの合同開催、関連国の参加の方向は了とするが、既に事前準備が進んでいる流体工学合同会議、ASME 伝熱部門の状況から、今回はこれらを見合わせる事となった。これを受けて、いくつかの会場の下見の結果、Waikiki Beach Marriott Resort & Spa ホテルにて、AJTEC2011を2011年3月に開催することとなった次第である。

AJTEC2011は日本機械学会が幹事学会ではあるが、会議の運営には積極的に外部の組織を利用した。その一つが論文の受付と査読、予稿集 (CD-ROM) の発行に ASME のシステムを利用したことであり、もう一つは参加受付・運営をフロリダ大学コンベンションサービス部門に依頼したことである。通常の日米側主催の国際会議といささか勝手が違い、とまどわれた向きにはこの場をお借りしてお詫びを申し上げるが、結果として本来の「国際会議」としてのスムーズな運営が実現できたと判断している。

3. 会議の内容

AJTEC2011では、「熱工学の将来へのビジョンに向けた Fundamental と Interdisciplinary」のテーマのもと、3つのトラックで424編の論文と7件の Keynote Lecture、1件の AIChE Donald Q. Kern Award レクチャーが発表された。その内訳は表1の通りである。参加者は、次に述べる東日本大震災の影響を若干受けたものの、米国178名、日本156名、韓国21名、ヨーロッパ諸国36名を始めとする33の国・地域から434名にのぼり、まさに世界の熱工学の Fundamental と Interdisciplinary を結集した会議内容であった。会期初日である3月13日には Welcome Reception が、3月16日には Conference Banquet が開催され、各国からの熱工学分野の研究者が互いに親交を深めあった。会議の雰囲気は文章で記すより写真を見ていただいた方がわかりやすいので、会場内の様子を次ページにいくつかご紹介する。

4. 東日本大震災への対応

前述の通り、本会議開催直前に日本は東日本大震災に襲われ、会場となったハワイ州にも津波警報が出されるなど、一時その対応に追われた。

3月11日の震災直後から、日本側委員長から米

表1 トラックごとの論文件数

トラック・トピック	発表件数
Fundamentals of Heat and Mass Transfer	233
Convective Heat and Mass Transfer	43
Computational Heat and Mass Transfer	49
Phase Change Phenomena and Heat Transfer	49
Multi-phase Heat and Mass Transfer	23
Radiative Heat Transfer	8
Biological Heat and Mass Transfer	11
Heat and Mass Transfer in Micro-Scale Systems	19
Measurements and Diagnostics	20
Heat Transfer in Manufacturing	11
Combustion and Energy Systems	97
Heat and Mass Transfer in Turbulent Combustion	12
Heat and Mass Transfer in Combustion Systems	29
Heat and Mass Transfer in IC Engines	8
Heat and Mass Transfer in Energy Devices	34
Heat and Mass Transfer in Air Conditioning and Refrigeration	6
Heat and Mass Transfer in Reaction Systems	8
Micro/Nano Scale Phenomena and Thermal Properties	94
Transport Phenomena in Nano and Molecular Scale Systems	24
Transport Phenomena in Nano-Scale Energy Systems	33
Thermal Properties at the Micro/Nano-Scale	37
Keynote Lectures	7
Advanced Power Generation Systems and Related Thermal Engineering Problems <i>Mamoru Ozawa, Ryosuke Matsumoto, Hisashi Umekawa (Kansai University)</i>	
Surrogate-Based Modeling and Dimension-Reduction Techniques for Thermo-Fluid & Energy Systems <i>Young-Chang Cho, Wenbo Du, Amit Gupta, Chien-Chou Tseng, Ann Marie Sastry, Wei Shyy (University of Michigan)</i>	
Two-Phase Micro-Channel Heat Sinks: Theory, Applications and Limitations <i>Issam Mudawar (Purdue University)</i>	
Spacecraft Thermal Management <i>Bruce Drolen (The Boeing Company)</i>	
Significance of Micro-Scale Mass Transport Phenomena on Fuel Cells and CO2 Sequestration <i>Shuichiro Hirai, Shohji Tsushima, Suguru Uemura (Tokyo Institute of Technology)</i>	
Solar Thermal Fuel Production <i>Christian Sattler (German Aerospace Center), Hans Muller-Steinhagen (Technical University of Dresden), Martin Roeb, Dennis Thomey, Martina Neises (German Aerospace Center)</i>	
Micro and Extended-Nano Fluidics on Microchip for Chemistry and Bio-Medical Applications <i>Takehiko Kitamori (The University of Tokyo)</i>	
AIChE Donald Q. Kern Award Lecture	1
Nucleate Boiling Enhancements on Porous Graphite and Micro-Porous and Macro-Finned Copper Surfaces <i>Mohamed El-Genk (University of New Mexico)</i>	



図1 会場の様子

(左上から、Welcome Reception、Keynote Lecture (2 葉)、Conference Banquet)

国側委員長に連絡を取り、状況を説明して情報を共有するとともに、日本機械学会会長、前熱工学部門長とも相談の結果、会議を予定通りの日程で開催することを決定した。これを受けて、翌3月12日早朝に全参加予定者に向けて、

- 会議は予定通り実施されること、
- もし AJTEC2011 投稿者の中で罹災された方がいる場合には、会議よりも本人・ご家族の安全を優先して欲しいこと、
- 日本からの参加者は、国内の交通機関・航空機の運航状況を確認の上、決して無理をしないで欲しいこと、
- 今回の震災により AJTEC2011 に参加できなかった参加者への対応については、現在検討していること、

をアナウンスした。一方、日本側委員長と幹事は同日、現地へ飛び、先着していた米国側委員長と震災による日本からの参加者のキャンセルへの対応を検討するとともに、会場ホテルとの折衝を行った。また、参加できなくなった座長の交代を、各トラックチェアを中心に検討いただいた。

その後も原子炉建屋の爆発などが相次ぎ、予断を許さない状況にあったが、参加者の熱意と日本に対する思いやりにより、ホノルルの穏やかな気候にも支えられて、会議そのものは大きな混乱なく進められたことは前述の通りである。これもひとえに参加者各位のご協力の賜であり、実行委員会を代表して御礼を申し上げる次第である。

5. 次回会議の予定

3月16日に会期の合間を縫って、ASME 側・JSME 側代表に KSME からのメンバーを加えて、次回会議の方向性についての議論を行った。その結果、以下のような方向性が確認された。

- AJTEC2011 に対する ASME 側の熱意、震災を乗り越えて参加した JSME 側の熱意を受けて、4年後に合同会議を開催する。開催地は、日米の中間点として、再びハワイを想定する。また、開催時期は、6月下旬とする。
- 今回使用したホテルの運営面での配慮、価格面での優位性から、同ホテルに対して4年後の再開催を打診する。
- 次回会議の ASME 側の議長は Yong X. Tao 教授 (North Texas 大学)、JSME 側は高田保之教授

(九州大学) とする。

- 2015 年は日韓熱流体工学合同会議の開催年度でもあることから、KSME との合同開催を打診し、可能であれば ASME-JSME-KSME (順不同) 熱工学合同会議として開催する。

その後、KSME からは、次回の本会議の合同開催に対する検討を応諾する旨の回答があり、これによって9回目(30年余)にして初めて、本会議は「2 国間会議」から「多国間会議」に発展することとなった。

6. AJTEC2011 を振り返って

本会議の幹事を仰せつかって4年間、個人的にはなじみの深い日米熱工学合同会議であり、開催地も「通い慣れた」ホノルルであることもあって、比較的リラックスして準備に当たることができた。本会議で使用した ASME の論文受付・査読システムについても、前年度開催された国際伝熱会議の日本地区論文委員会で一通りの「予行演習(?)」をしていたことから、何とか切り盛りすることができたと思っている。また、会議の受付・運営を委託したフロリダ大学コンベンションサービス部門がきわめて的確に仕事をこなしてくれ、運営面でも不安はなかった。それだけに、東日本大震災のインパクトは大きかった。

地震発生当時、私は名古屋から東京に向かう新幹線の中にいた。なんとか品川までどり着き、徒歩で日付が変わるころに帰宅した。新幹線の中では日米双方の委員長と電子メールでやりとりをしていたが、川崎地区の停電や電話網のダウンなどで、日本側委員長と具体策の議論ができたのは翌日早朝であった。その結果、前述のような対応で臨むことになったのであるが、内心、不安がないわけではなかった。実行委員会内に議論があったことも事実である。それでも、結果的にはあるが、日米双方が熱工学に対する熱意を共有できたという意味で有益な会議であったと考えている。

最後に、様々なご助言をいただいた皆様、日本機械学会熱工学部門「AJ 会議委員会」各位、トラックチェア、トピックオーガナイザー、座長や論文の査読をご担当いただいた皆様、そして何よりも本会議に参加いただいた皆様、あるいは震災の影響で参加はかなわなかったものの優れた論文を投稿いただいた皆様に、改めて感謝申し上げます。

九州伝熱セミナー in 武雄 報告

Report on Kyushu Heat Transfer Seminar in TAKEO

有馬 博史 (佐賀大学海洋エネルギー研究センター)
 Hirofumi ARIMA (Institute of Ocean Energy, Saga University)
 e-mail: arima@ioes.saga-u.ac.jp

去る2010年12月10日(金)、11日(土)、九州支部主催の「九州伝熱セミナー ―熱流体の計測・解析・テクノロジー―」が、佐賀県の武雄温泉にある「ニューハートピア」で開催されました。

今回は、昨年度に引き続き熱流体における計測と解析をテーマに講演会と見学会を企画しました。1日目は計測機器開発メーカーの研究者・技術者として5名の講演者の方々を招待して講演会を行いました。また、2日目は共同利用・共同研究拠点施設である佐賀大学の海洋エネルギー研究センターと伊万里焼の窯元である大川内山の見学会を行いました。図1にプログラムを示します。

参加者数は69名(教員・研究者17名、学生46名、その他6名)であり、今回は多くの学生の参加がありました。

講演では、メーカーの研究者・技術者の方々から熱流体の計測技術のテクニックについて詳しく解説していただきました。また、普段あまり聴くことの出来ない技術の裏側についてのお話もあり、学会の講演とは一味違った講演会となりました。

また夜は、九州伝熱セミナーの恒例の懇親会が開かれ、参加の大学の教員や学生間で深夜まで活発な討論が交わされました。

海洋エネルギー研究センターの見学会では、実験施設に設置された海洋温度差発電、波力発電等の実験装置について見学を行いました。今回初めて見学された参加者も多く、巨大な実験装置に大きな関心を寄せていました。その後伊万里焼窯元の街並みの散策を行い、会場で解散となりました。

このセミナーは僅か2日でしたが、盛り沢山の企画で参加者の皆さん楽しんでいただけたのではないかと思います。

最後に、ご多忙の中、遠方よりご講演いただきました講演者の方々、当日の会場設営・運営を支えていただいた教職員と学生の方々、そしてセミナー参加者の皆様に、事務局一同心よりお礼申し

上げます。

12月10日(金)
13:15~17:15 講演会
・ 太田 二郎 (NEC Avio 赤外線テクノロジー株式会社) 「赤外線サーモグラフィの原理・応用」
・ 山田 修二 (松本金属工業株式会社) 「可視光に近い近赤外線を利用した加熱方式(塗膜乾燥・熱処理)」
・ 廣瀬 栄樹 (株式会社エヌ・エス・ティ) 「Femap Thermal/Flow による熱流体解析の紹介」
・ 桑原 譲二 (株式会社フォトロン) 「高速度カメラを利用した様々な計測ソリューション」
・ 平 豊 (日本電計株式会社) 「熱流体研究のアシスト事例」
18:30~ 夕食・懇親会
12月11日(土)
8:00~12:30 見学会
・ 佐賀大学海洋エネルギー研究センター伊万里サテライト (佐賀県伊万里市山代町久原)
・ 大川内山・伊万里焼窯元 (同・大川内山町)
12:30 解散

図1 セミナーのスケジュール



図2 セミナー参加者

○講演資料や写真につきましては、九州支部 HP (http://heat.mech.kumamoto-u.ac.jp/htsj_kyushu/) をご覧ください。

行事カレンダー

開催日 行事名 申込締切 原稿締切 問合せ先 掲載号						
2011年						
6月	1(水) ～3(金)	日本伝熱学会創立50周年記念 第48回日本伝熱シンポジウム	2011.1.31 事前参加 申込締切 2011.4.15	2011.3.18	第48回日本伝熱シンポジウム実行委員会 岡山大学大学院自然科学産学創成工学専攻 伝熱工学研究室内 Fax:086-251-8266 E-mail: nh48@cc.okayama-u.ac.jp	Vol.49, No.209 2010.10
9月～ 10月	30(金) ～1(土)	日本伝熱学会創立50周年記念 伝熱セミナー	2011.8.26		伝熱セミナー実行委員会 E-mail: dks@htsj.or.jp	Vol.50, No.211 2011.4
2012年						
11月	13(火) ～ 15(木)	第3回国際伝熱フォーラム	2012.2.29 事前参加 申込締切 2012.8.31	2012.7.31	組織委員会委員長 高田保之(九州大学) E-mail:takata@mech.kyushu-u.ac.jp 実行委員会委員長 宮崎康次(九州工業大学) E-mail:miyazaki@mech.kyutech.ac.jp	

開催日 行事名 申込締切 原稿締切 問合せ先 掲載号						
2011年						
3月	8(火) ～10(木)	理論応用力学講演会(第60回) (開催場所:東京工業大学 大岡山キャンパス)			岸本喜久雄(東京工業大学大学院 理工学研究 科 機械物理学専攻) Tel/Fax:03-5734-2501 E-mail: kkishimo@mep.titech.ac.jp 野口明生(日本機械学会 事業運営部門 総合企 画グループ) Tel:03-5360-3505 Fax:03-5360-3509 E-mail: noguchi@jsme.or.jp	
5月	25(水) ～27(金)	第16回計算工学講演会 (開催場所:東京大学 柏キャンパス総合研究棟)	2011.1.15	2011.3.18	第16回計算工学講演会実行委員会 高野直樹(慶應義塾大学) Tel: 045-566-1824 E-mail: naoki@mech.keio.ac.jp	
6月	23(木) ～24(金)	第16回動力・エネルギー技術シンポジ ウム (開催場所:関西大学 千里山キャンパス)	2011.1.28	2011.4.30	梅川尚嗣(関西大学システム理工学部 機械工 学科) 〒564-8680 大阪府吹田市山手町 3-3-35 Tel/Fax:06-6368-0804 E-mail:umekawa@kansai-u.ac.jp 川崎さおり(日本機械学会) 〒160-0016 東京都新宿区信濃町 35 信濃町煉瓦館 5階 Tel:03-5360-3502 Fax:03-5360-3508 E-mail:kawasaki@jsme.or.jp	
7月	24(日) ～29(金)	ASME-JSME-KSME Joint Fluids Engineering Conference 2011 (AJK2011) (開催場所:浜松市)	2010.10.1	2011.4.1	AJK2011 excecutive committee Shizuoka University, 3-5-1 Johoku, Naka-ku, Hamamatsu, Shizuoka 432-8561 Tel. 053-478-1601 E-mail: dajk2011@ipc.shizuoka.ac.jp http://www.eng.shizuoka.ac.jp/~AJK2011/index.ht ml	
8月	6(土) ～8(月)	日本混相流学会年会講演会 2011 (開催場所:京都工芸繊維大学 松ヶ崎キャンパス)	2011.3.28	2011.6.3	〒606-8501 京都市左京区吉田本町 京都大学工学研究科原子核工学専攻 日本混相流学会年会講演会 2011・第30回混相 流シンポジウム実行委員会事務局 河原全作 Tel:075-753-5842 Fax:075-753-5842 E-mail:kawara@nucleng.kyoto-u.ac.jp	
8月	7(日)	第30回混相流シンポジウム (開催場所:京都工芸繊維大学 松ヶ崎キャンパス)	2011.3.28	2011.6.3	〒606-8501 京都市左京区吉田本町 京都大学工学研究科原子核工学専攻 日本混相流学会年会講演会 2011・第30回混相 流シンポジウム実行委員会事務局 河原全作 Tel:075-753-5842 Fax:075-753-5842 E-mail:kawara@nucleng.kyoto-u.ac.jp	
8月	21(日) ～25(木)	The 8th Pacific Symposium on Flow Visualization and Image Processing (PSFVIP-8) (開催場所:モスクワ大学)		2011.1.20	Irina Znamenskaya 教授(モスクワ大学:ロシア) E-mail:znamen@phys.msu.ru	
8月～ 9月	30(火) ～1(木)	日本実験力学会 2011年度年次講演会 (開催場所:奈良県文化会館)	2011.6.7	2011.7.12	〒558-8585 大阪市住吉区杉本 大阪府立大学大学院工学研究科 加藤健司・脇本辰郎 Tel:06-6605-2665・06-6605-2965 Fax:06-6605-2953 E-mail:editjsem@mech.eng.osaka-cu.ac.jp	

行事カレンダー

9月	7(水) ～9(金)	日本流体力学会年会 2011 (開催場所: 首都大学東京 南大沢キャンパス)	2011.5.23	2011.7.18	日本流体力学会年会 2011 実行委員会 E-mail:nenkai2011com@aero.sd.tmu.ac.jp
9月	18(日) ～19(月)	2011 年度 計算力学技術者(CAE 技術者)資格認定事業【上級アナリスト】認定試験	2011.7.8		〒160-0016 東京都新宿区信濃町35番地 信濃町煉瓦館5階 一般社団法人 日本機械学会 事業企画 G 関根 Tel:03-5360-3506 Fax:03-5360-3509 E-mail: sekine@jsme.or.jp
10月	3(月) ～6(木)	第4回人間-生活環境系国際会議 (開催場所: 北海道大学)	2011.3.31	2011.7.31	人間-生活環境系国際会議組織委員会事務局 〒060-8628 札幌市北区北13条西8丁目 北海道大学大学院工学研究科環境人間工学研究室 Tel/Fax:011-706-6280 E-mail: iches2011@eng.hokudai.ac.jp
10月	29(土) ～30(日)	熱工学コンファレンス 2011 (開催場所: 静岡大学 浜松キャンパス)	2011.7.1	2011.9.9	2011 年熱工学コンファレンス実行委員会事務局 〒432-8561 浜松市中区城北3-5-1 静岡大学工学部機械工学科 実行委員長 中山顕 Tel/Fax:053-478-1049 E-mail:tmanaka@ipc.shizuoka.ac.jp 幹事 桑原不二朗 Tel/Fax:053-478-1046 E-mail:tmfkuwa@ipc.shizuoka.ac.jp
11月	3(木) ～5(土)	The 6th International Symposium on Advanced Science and Technology in Experimental Mechanics (6th ISEM'11-Sendai) (開催場所: 関西空港会議場)		2011.9.20	林(岡山理科大学工学部機械システム工学科内 日本実験事務局) 〒700-0005 岡山市北区理大町1-1 Tel/Fax:086-256-9615 E-mail:office-jsem@mech.ous.ac.jp
11月	9(水) ～11(金)	The Eleventh International Symposium on Advanced Fluid Information and Transdisciplinary Fluid Integration (AFI/TFI-2011) (開催場所: ホテルメトロポリタン仙台)	2011.10.3		東北大学流体科学研究所 AFI/TFI-2011 実行委員会 流体科学研究所研究支援室 増田 Tel/Fax:022-217-5883 E-mail:shien-staff@fmail.ifs.tohoku.ac.jp
11月	13(日) ～18(金)	第10回国際ガスタービン会議 (IGTC'11 Osaka) (開催場所: 大阪国際会議場)	2011.1.31	2011.4.30	Yoshinobu Tsujimoto (Osaka Univ.) E-mail: tujimoto@me.es.osaka-u.ac.jp Fax: 06-6850-6165
11月	21(月) ～23(水)	第32回日本熱物性シンポジウム (開催場所: 慶應義塾大学 日吉キャンパス)	2011.7.1	2011.9.2	〒223-8522 横浜市港北区日吉3-14-1 慶應大学理工学部システムデザイン工学科 長坂・田口研究室 Tel:045-566-1809(田口) Fax:045-566-1735 E-mail:jstp2011@naga.sd.keio.ac.jp
12月	7(水) ～8(木)	第14回回スターリングサイクルシンポジウム (開催場所: 日本科学未来館)	2011.7.1	2011.10.21	実行委員長 大高敏男(国士舘大学) Tel:03-5481-3334 Fax:03-5481-3253 E-mail: otaka@kokushikan.ac.jp 日本機械学会 加藤佐知子(事務局職員) Tel:03-5360-3503 Fax:03-5360-3508 E-mail: kato@jsme.or.jp
12月	10(土)	2011 年度 計算力学技術者(CAE 技術者)資格認定事業【1・2 級】認定試験および付帯講習	2011.8.31		〒160-0016 東京都新宿区信濃町35番地 信濃町煉瓦館5階 一般社団法人 日本機械学会 事業企画 G 関根 Tel:03-5360-3506 Fax:03-5360-3509 E-mail: sekine@jsme.or.jp

社団法人日本伝熱学会第49期(平成22年度)総会議事録

1. 日 時 平成23年6月2日(木)16時20分～17時50分
2. 場 所 岡山コンベンションセンター大ホール A 室(岡山市北区駅元町14番1号)
3. 正会員数 1,094名
4. 出席者 640名(うち委任状出席490名). これは定足数(正会員数の過半数)を上回り, 総会は成立した.
5. 議事経過
議長に林勇二郎氏を選出し, 次の議案について逐次審議した.

第1号議案 第49期事業報告の件

議長より, 社団法人日本伝熱学会第49期(平成22年度)総会議案(以下, 総会議案と呼ぶ)の第1号議案第49期事業報告について諮り, 満場一致でこれを可決した.

第2号議案 第49期会務報告の件

議長より, 総会議案の第2号議案第49期会務報告について諮り, 満場一致でこれを可決した.

第3号議案 平成22年度収支決算の件

議長より, 総会議案の第3号議案平成22年度収支決算について諮り, 満場一致でこれを可決した.

第4号議案 平成23年度事業計画の件

議長より, 総会議案の第4号議案平成23年度事業計画について諮り, 満場一致でこれを可決した.

第5号議案 平成23年度収支予算案の件

議長より, 総会議案の第5号議案平成23年度収支予算について諮り, 満場一致でこれを可決した.

第6号議案 公益社団法人への移行の件

議長より, 総会議案第6号議案公益社団法人への移行について諮り, 定款の改定および新法人の役員・協議員を含め, 満場一致でこれを可決した.

第7号議案 日本伝熱学会賞の授賞の件

議長より, 総会議案の第7号議案日本伝熱学会賞(学術賞・技術賞・奨励賞・優秀プレゼンテーション賞)の授賞について選考経過についての報告がなされた. 本年度の日本伝熱学会賞受賞者は, 次のとおりである.

- 日本伝熱学会学術賞 1) 代表研究者: 角田 直人(九州大学)
共同研究者: 近藤 克哉(鳥取大学)
尾崎 敦之(九州大学)
有本 英伸(産業技術総合研究所)
山田 幸生(電気通信大学)
- 2) 代表研究者: 韓 栄培(東京大学)
共同研究者: 鹿園 直毅(東京大学)
- 日本伝熱学会技術賞 1) 代表研究者: 加賀 邦彦(三菱電機株式会社)
共同研究者: 古藤 悟(三菱電機株式会社)
大串 哲朗(広島国際大学)
吉田 英生(京都大学)
- 日本伝熱学会奨励賞 研究者: 一柳 満久(東京大学)
研究者: 田口 良広(慶應義塾大学)
研究者: 宮田 一司(日本学術振興会特別研究員)
- 日本伝熱学会優秀プレゼンテーション賞(所属は第47回日本伝熱シンポジウム当時)
鈴木 宗弘(東京工業大学)
栗山 玲子(慶應義塾大学)
岡島 淳之介(東北大学)
藤井 拓郎(慶應義塾大学)

第8号議案 名誉会員の顕彰の件

議長より、総会議案の第8号議案名誉会員の顕彰について報告された。本年度の名誉会員顕彰者は次のとおりである。

太田 照和 平田 雄志 大隅 正人 長野 靖尚 藤井 丕夫

第9号議案 第50期役員を選出の件

議長より、総会議案の第9号議案第50期役員を選出について以下のとおり次期役員が提案がなされ、満場一致でこれを可決した。

定款第16条第2項により退任する役員

理事(会長) 林 勇二郎 理事(副会長) 青木 博史
理事(副会長) 小澤 守

定款第16条第2項ただし書きにより退任する役員

理事(副会長) 宇高 義郎

定款第16条第1項により退任する役員

理事 円山 重直 理事 花村 克悟

理事	高田 保之	理事	板谷 義紀
理事	富村 寿夫	理事	深川 雅幸
理事	石塚 勝	監事	松野 孝充
定款第16条第3項により退任する役員			
理事	稲葉 英男	理事	笠木 伸英
第50期に新たに選任される役員			
定款第16条第2項により選任される役員			
理事(会長)	笠木 伸英	理事(副会長)	岡崎 健
理事(副会長)	森 治嗣		
定款第16条第2項ただし書きにより選任される役員			
理事(副会長)	飛原 英治		
定款第16条第1項により選任される役員			
理事	近久 武美	理事	高松 洋
理事	田川 正人	理事	多田 幸生
理事	鶴田 隆治	理事	安田 俊彦
監事	藤岡 恵子		
定款第16条第3項により選任される役員			
理事	石塚 勝	理事	宇高 義郎

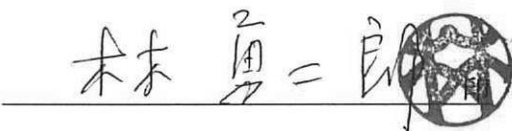
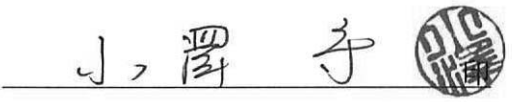

第10号議案 議事録署名人選任の件

議長より、本日の議事の経過を議事録にまとめるにあたり、議長に加えて議事録署名人2名を選任したい旨の提案があり、協議の結果、小澤守氏、宇高義郎氏の2名を選任した。

以上により、本日の議事を終了した。

平成23年6月2日

社団法人日本伝熱学会第49期(平成22年度)総会

議長	林 勇二郎	
議事録署名人	小澤 守	
議事録署名人	宇高 義郎	

日本伝熱学会 会員各位



(社) 日本伝熱学会

創立 50 周年記念講演会と記念式典のお知らせ

創立 50 周年記念実行委員会
委員長 笠木 伸英

日本伝熱学会の会員皆様にはますますご清栄のこととお喜び申し上げます。さて、当学会は 1961 年に前身の日本伝熱研究会として発足してから本年 11 月で満 50 年を迎えます。そこで、これを記念して下記のとおり特別講演会とそれに続いて記念式典、パーティーを開催いたしますので、ご来場を賜りますようご案内申し上げます。

記

期 日 2011 年 11 月 26 日 (土) 14 時から 18 時 30 分

場 所 経団連会館 (東京都千代田区)

式次第 (予定)

1. 記念講演 (14:00~15:00) 国際会議場 (2 階)
長島 昭様 (元会長, 慶應義塾大学名誉教授)
「学会のライフサイクルとサステイナビリティ
—日本伝熱学会の半世紀」
2. 記念式典 (15:00~16:00) 国際会議場
各学会のご来賓からご祝辞を頂き, 功労者を表彰します。
3. 祝賀パーティー (16:30~18:30)
同館 4 階に場所を移して立食形式で行います。

参加費 10,000 円 (同伴者は無料)

詳しくは, 今後の会誌や学会ホームページをご覧ください。

日本伝熱学会 関西支部 主催
第12回関西伝熱セミナー2011
— お伊勢さんで クリーンエネルギー技術を考える —

1989年(平成元年)より関西で2年に1度開催してきました「関西伝熱セミナー」が今年度で第12回を迎えます。これまで、第1回(1989年)六甲山上、第2回(1991年)芦屋奥池、第3回(1993年)神戸住吉、第4回(1995年)神戸、第5回(1997年)大津、第6回(1999年)和歌山、第7回(2001年)芦屋奥池、第8回(2003年)京都貴船、第9回(2005年)奈良、第10回(2007年)高野山、第11回(2009年)琵琶湖で開催してきました。本年度(第12回)は、「お伊勢さん(伊勢神宮)」を望む場所で、クリーンエネルギー技術について考えるセミナーを企画いたしました。今後の国家戦略とも関連する最新の技術について、エキスパートの方々に話題を提供していただき、エネルギー・環境問題における伝熱研究・技術の役割や課題について、参加者の皆様と共に考える場が持てればと念願しております。多数の方々の積極的なご参加を期待いたしております。

開催日時	2011年9月18日(日)～19日(月、敬老の日)
会場	伊勢シティホテル 三重県伊勢市吹上1-11-31(Tel 0596-28-2111) 近鉄・JR伊勢市駅徒歩3分 ※宿泊先は伊勢シティホテルと近隣の伊勢シティホテルアネックス
参加登録費	一般:25000円, 学生:15000円 ただし、セミナー参加費、講演要旨集、宿泊(1泊2食)を含みます。
定員	80名
申込方法	氏名、所属、参加種別(一般、学生)、連絡先(住所、電話番号、電子メールアドレス)を明記し、電子メールあるいはFAXにてお申し込み下さい。受付後、詳しいご案内を差し上げます。
申込先	脇本辰郎(関西支部セミナー実行委員、大阪市立大学大学院工学研究科機械物理系専攻) Tel & Fax: 06-6605-2965, E-mail: wakimoto@mech.eng.osaka-cu.ac.jp
申込締切	8月23日(火)(ただし、申込者数が定員に達し次第、受付を終了いたします。)

プログラム

— 第1日目 9月18日(日) —

12:30	受付	
13:00～13:05	開会挨拶	
1. 13:05～14:05	エネルギー技術開発の考え方	請川孝治 (独)産業技術総合研究所 特別顧問)
2. 14:05～15:05	太陽エネルギー+ガスシステムの研究開発について	山口秀樹(大阪ガス)
3. 15:05～16:05	Waste to Energy —期待と課題—	安田俊彦(日立造船)
休憩	16:05～16:20	
4. 16:20～17:20	バイオマスのエネルギー資源としての利用は現実的か	新名惇彦(奈良先端大)
5. 17:20～18:20	間違いだらけのバイオディーゼル ～バイオディーゼルの正しい知識～	山根浩二(滋賀県立大)

懇親会 18:45 ~20:45

— 第2日目 9月19日(月, 敬老の日) —

6. 9:00 ~ 10:00

オーロラへの招待

南 繁行 (大阪市立大学)

7. 10:00 ~ 11:00

最新の深海環境調査手法の紹介

— 深海調査のためのプラットフォームとセンサー —

吉田 弘 (海洋開発機構)

休憩 11:00 ~ 11:15

8. 11:15 ~ 12:15

最近の波力発電の開発状況

神吉 博 (神戸大学名誉教授,
(株) ジャイロダイナミクス)

12:15 ~ 12:20 閉会挨拶, 解散



編集出版部会からのお知らせ —各種行事・広告などの掲載について—



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

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

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

【連絡先】

- ・総務部会長：大久保英敏（玉川大学）：ohkubo@eng.tamagawa.ac.jp
- ・編集出版部会長：高松洋（九州大学）：takamatsu@mech.kyushu-u.ac.jp
- ・広報委員会委員長：津島将司（東京工業大学）：tsushima@mech.titech.ac.jp
- ・総務担当副会長補佐評議員：党超鋌（東京大学）：dangcb@k.u-tokyo.ac.jp
- ・事務局：倉水裕子：office@htsj.or.jp

【注意】

- ・原稿はWordファイルまたはTextファイルでお願いします。
- ・HPはメンテナンスの都合上、掲載は申込月の翌月、また削除も希望掲載期限の翌月程度の時間遅れがあることをご了承ください。
- ・MLでは、原則としてテキスト文の送信となります。pdf等の添付ファイルで送信を希望される場合はご相談ください。

事務局からの連絡

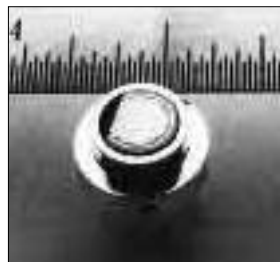
第 50 期入会 (2011.3.2~2011.6.8) 正 29 名・学生 44 名

資	氏名	所属	資	氏名	所属
正	下重 直彦	本田金属技術(株)	学	吉田 拓生	同志社大学 大学院工学研究科
正	叶 雅由	(株)タクマ	学	高橋 基之	慶應義塾大学 大学院理工学研究科
正	寶諸 知史	住友金属工業(株)	正	光石 暁彦	豊橋技術科学大学
正	佐藤 恒之	秋田工業高等専門学校	正	柄尾 大輔	(独)日本原子力研究開発機構
学	上田 武広	大阪府立大学 大学院工学研究科	学	野場 達郎	名古屋大学 大学院工学研究科
学	崎田 容平	大阪大学 大学院工学研究科	正	中村 哲己	大建工業(株)
学	萩野 春俊	九州工業大学 工学部	学	佃 一樹	慶應義塾大学大学院理工学研究科
学	三谷 洋喜	九州大学 大学院	学	濱本 和哉	山口大学大学院理工学研究科
学	伊藤 洋麻	中央大学大学院理工学研究科	学	矢吹 智英	明治大学大学院理工学研究科
学	菅 勇輝	名古屋工業大学 大学院工学研究科	正	秦 哲郎	古河スカイ(株)
学	宮澤 裕麻	山形大学 大学院理工学研究科	学	玉山 敦史	大阪府立大学 工学部
学	金子 敏宏	慶應義塾大学 大学院理工学研究科	学	木津 諒	慶應義塾大学 大学院理工学研究科
学	橋本 圭佑	富山大学 大学院理工学教育部	学	志賀 拓磨	東京大学大学院工学系研究科
正	鹿野 一郎	山形大学 大学院理工学研究科	学	氏家 隆	北海道大学大学院工学院
正	阿部井 淳	(株)デンソー	正	松井 伸樹	ダイキン工業(株)
正	豊田 香	舞鶴工業高等専門学校	学	甲斐 尚人	京都大学大学院エネルギー科学研究科
正	党 超鋌	東京大学 大学院新領域創成科学研究科	学	阿野 善一朗	長崎大学大学院生産科学研究科
学	上江洲 智政	茨城大学 大学院理工学研究科	学	丹田 翼	広島大学大学院工学研究科
学	伊藤 達哉	慶應義塾大学 理工学部	学	射場 勇士	広島大学大学院工学研究科
学	福島 隆広	慶應義塾大学 大学院理工学研究科	学	鈴木 聡史	東北大学 流体科学研究所
学	柏瀬 浩司	北海道大学 工学部機械知能工学科	学	新田 淳平	慶應義塾大学大学院総合デザイン工学専攻
学	白井 友哉	愛媛大学 大学院理工学研究科	正	船吉 俊充	大日本スクリーン製造(株)
学	北田 宏樹	大阪大学 大学院工学研究科	正	三浦 進一	トヨタ自動車(株)
学	廣田 竜也	信州大学 大学院工学系研究科	正	貫 剛司	(株)安川電機
学	川瀬 友宏	東京理科大学 大学院理工学研究科	正	横溝 資	日本ゴア(株)
正	杉本 勝美	神戸大学 大学院工学研究科	正	西田 秀高	中国電力(株)
正	酒見 慎一朗	(有)ささいずみ	正	関谷 弘志	早稲田大学大学院環境・エネルギー研究科
学	近藤 昌孝	東京工業大学 大学院機械制御システム専攻	正	神名 麻智	広島大学
正	高橋 淳	(株)ケーヒン	学	上野 藍	東京大学大学院工学系研究科
正	脇本 辰郎	大阪市立大学 大学院工学研究科	学	三宅 聡	横浜国立大学
正	大島 翼	Hitz 日立造船(株)	学	植村 真	九州工業大学大学院生命体工学研究科
正	近藤 純久	オムロンリレーアンドデバイス(株)	学	富樫 憲一	神戸大学大学院
学	TORRES JUAN FELIPE	東北大学 流体科学研究所	正	濱田 哲郎	(株)ノーリツ
学	村端 圭祐	中央大学 大学院理工学研究科	正	山田 俊輔	防衛大学校
学	腰塚 真	中央大学 大学院理工学研究科	学	加藤 龍介	中央大学大学院理工学研究科
学	林 圭佑	中央大学 大学院理工学研究科	正	田中 誠一	明石工業高等専門学校
学	花房 恵美子	慶應義塾大学 理工学研究科			

熱流束センサー

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

熱流束マイクロセンサー



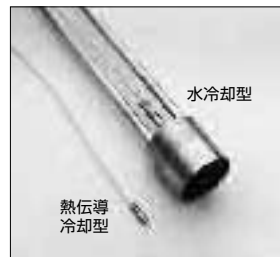
特徴

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

使用例

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

ガードン型円形フォイルセンサー



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

使用例

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

シート状熱流束センサー



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

使用例

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

熱流束センサー 校正サービス

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

センサテクノ株式会社

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

URL

www.senstech.jp

E-mail

senstech@td6.so-net.ne.jp



■ CAPTEC 社日本総代理店 ■ MEDTHERM 社輸入販売店 ■ ITI 社輸入販売店

当社は、独自の高度技術を持つ、海外メーカーの熱計測機器をご提供致しております。

CAPTEC 社(フランス)

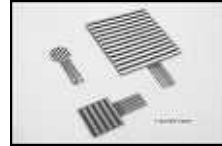
CAPTEC(キャプテック)社は、独自の高度技術により、低熱抵抗で高感度な熱流束センサーを開発・製造致しております。環境温度が変化しても感度は常に一定で、熱流束値に比例した電圧を高精度に出力します。
輻射センサーは、輻射熱のみを計測する画期的なセンサーです。特注形状も承っております。

熱流束センサー



サイズ: 5×5mm～300×300mm
厚み: 0.4mm (平面用・曲面用)
温度範囲: -200～200°C
応答速度: 約 200ms
オプション: 温度計測用熱電対内蔵
形状: 正方形・長方形・円形
特注品: 高温用・高圧用・防水加工

輻射センサー



サイズ: 5×5mm～50×50mm
厚み: 0.25mm
温度範囲: -200～250°C
応答速度: 約 50ms
オプション: 温度計測用熱電対内蔵
形状: 正方形・長方形・円形
波長領域: 赤外/可視+赤外

MEDTHERM 社(アメリカ)

MEDTHERM(メドサーム)社は、これまで30年以上にわたり、高品質の熱流計及び超高速応答の熱電対を提供してまいりました。航空宇宙・火災・燃焼分野における豊富な実績を有しています。用途に応じ、様々な形状・仕様の製品を製造可能です。

熱流計/輻射計



熱流束範囲: 0.2-4000Btu/ft²sec(フルスケール)
サイズ: 1/16インチ(約1.6mm)～1インチ(約25.4mm)
最高温度: 200°C(水冷なし)/1500°C(水冷)
出力信号: 0-10mV(DC・線形出力)
直線性: ±2%(フルスケールに対して)

応答速度: 50ms以下*
再現性: ±0.5%
較正精度: ±2%
オプション: 輻射窓・視野角指定等

*応答速度は、熱流束レンジによって異なります。

超高速応答同軸熱電対

本同軸型熱電対は、第1熱電対のチューブの中に第2熱電対ワイヤーが挿入された同軸構造になっています。第2熱電対ワイヤーは、厚み0.0005インチ(約0.013mm)の特殊なセラミックで絶縁コーティングされています。プローブ先端の熱電対接点は、厚み1～2ミクロンの金属皮膜で真空蒸着されており、最高1マイクロ秒の応答速度を実現しています。



【主な用途】
表面温度及び表面熱流束計測
風洞試験・エンジンシリンダー・エアコンプレッサー等

【最小プローブ径】
0.015インチ(約0.39mm)

【熱電対タイプ】
T型(銅/コンスタンタン) -270°C～+400°C
J型(鉄/コンスタンタン) -210°C～+1200°C
E型(クロメル/コンスタンタン) -270°C～+1000°C
K型(クロメル/アルメル) -270°C～+1372°C
S型(白金10%ロジウム/白金) +200°C～+1700°C

ITI 社(アメリカ)

ITI(International Thermal Instrument Company)社は、1969年の設立以来、高温用熱流板や火災強度熱流計など、特殊な用途に対応した製品を提供しています。特注品の設計・製造も承っております。

高温用熱流板



最高温度: 980°C
応答速度: 0.1s
直径: 8mm～25.5mm 厚み: 2.5mm

水冷式 火災強度熱流計



最高温度: 1900°C
応答速度: 0.1s
最大熱流束レンジ: 0～3000W/cm²

当社取扱製品の適用分野

- 伝熱一般
- 温熱環境
- 炉・ボイラー
- 航空宇宙
- 火災
- 燃焼
- 各種エンジン

有限会社 テクノオフィス

〒225-0011 神奈川県横浜市青葉区あざみ野 3-20-8-B
TEL. 045-901-9861 FAX. 045-901-9522
URL: <http://www.techno-office.com>

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

これから2年間、編集出版部会を担当させていただくことになりました。今期は、恐らくこれまでで最多の12名の評議員の方に委員になっていただき、様々なアイデアを出していただくと考えております。会員の皆様にも、ご寄稿や情報の提供などのご協力をいただきますようよろしくお願い申し上げます。

本号から1年間は伝熱学会50周年特集号となります。その第一弾として、第48回日本伝熱シンポジウムにおける中山恒先生の特別講演のお話を掲載しております。また、前期の花村克悟部会長のアイデアにより、巻頭グラビアには50周年記念にふさわしく、「抜山曲線」を掲載させていただきました。昭和4年の第6期日本機械学会総会講演会で発表されたこの図は、日本の伝熱研究の出発点と考えられ、中山先生のお話の中でも取り上げられています。

今年の3月11日は現代日本史の中でも重要な1日になることでしょう。後で振り返った時に、「あれが日本の転機になった」と思える日が来るのを祈っています。そのためには、我々は物事の見方や価値を考え直さねばならないかもしれません。第48回日本伝熱シンポジウムで企画された特別セッションで石川迪夫先生が言われた *design requirement* の再考も狭義の意味ではその一つだと思いますが、様々な分野で我々はもう一度原点に立ち返って再考する必要があるのではないのでしょうか。この50年を振り返るとともに、これからのことをじっくり考えられる1年になればいいと考えております。

高松 洋 (九州大学)

Hiroshi Takamatsu (Kyushu University)

e-mail: takamatsu@mech.kyushu-u.ac.jp

副会長 岡崎 健 (東京工業大学)	部会長 高松 洋 (九州大学)
委員	
(理事) 加藤泰生 (山口大学)	坂下弘人 (北海道大学)
田川正人 (名古屋工業大学)	西村伸也 (大阪市立大学)
安田俊彦 (日立造船)	
(評議員) 小原 拓 (東北大学)	木下 泉 (電力中央研究所)
藏田耕作 (九州大学)	伏信一慶 (東京工業大学)
上野一郎 (東京理科大学)	梅川尚嗣 (関西大学)
奥山正明 (山形大学)	佐々木直栄 (日本大学)
佐藤恒之 (秋田工業高専)	野村信福 (愛媛大学)
堀部明彦 (岡山大学)	森 昌司 (横浜国立大学)
TSE チーフエディター 門出政則 (佐賀大学)	
編集幹事 石田賢治 (佐賀大学)	

編集出版事務局:

九州大学 大学院工学研究院 機械工学部門 高松 洋

〒819-0395 福岡市西区元岡 744 番地

Tel&Fax: 092-802-3123, takamatsu@mech.kyushu-u.ac.jp