

ISSN 0910-7851

伝熱研究

Journal of The Heat Transfer Society of Japan

1993
July
Vol. 32
No. 126

〈小特集：非線形現象へのアプローチ〉

ISSN 0918-9963

THERMAL SCIENCE AND ENGINEERING

Vol. 1
No. 3

日 本 伝 熱 学 会
The Heat Transfer Society of Japan

日本伝熱学会第32期（平成5年度）役員

会 長			棚 澤 一 郎 (東 大)
副 会 長	(編集出版)		坂 口 忠 司 (神 戸 大)
	(企 画)		仲 田 哲 朗 (石 播 重 工)
	(総 務)		土 方 邦 夫 (東 工 大)
理 事	(編集出版)	部 会 長	芹 沢 昭 示 (京 大)
北海道	工 藤 一 彦 (北 大)	東 海	加 藤 征 三 (三 重 大)
中国四国	加 藤 泰 生 (山 口 大)	九 州	増 岡 隆 士 (九 工 大)
	高 島 啓 行 (住友マネジメント)		
	(企 画)	部 会 長	庄 司 正 弘 (東 大)
		伝熱シンポジウム準備委員長	福 迫 尚 一 郎 (北 大)
東 北	山 川 紀 夫 (岩 手 大)	北陸信越	平 田 哲 夫 (信 州 大)
	千 葉 孝 男 (新日本空調)		中 島 利 誠 (お 茶 大)
	(総 務)	部 会 長 東 京	望 月 貞 成 (東 農 工 大)
関 西	木 本 日 出 夫 (阪 大)		青 木 博 史 (豊 田 中 研)
監 事	飯 田 嘉 宏 (横 国 大)		岡 田 孝 夫 (高 砂 熱 学)
評 議 員	金 山 公 夫 (北 見 工 大)		窪 田 英 樹 (室 蘭 工 大)
	関 根 郁 平 (苫 小 牧 高 専)		五 十 嵐 喜 良 (東 北 電 力)
	小 川 清 (日 大)		萩 原 宏 二 郎 (秋 田 高 専)
	橋 爪 秀 利 (東 北 大)		横 山 孝 男 (山 形 大)
	赤 井 誠 (工 技 院)		飯 野 利 喜 (日 立)
	石 塚 勝 (東 芝)		勝 田 正 文 (早 大)
	門 谷 皖 一 (小 松)		河 村 洋 (東 理 人)
	小 泉 安 郎 (工 学 院 大)		田 中 忠 良 (電 総 研)
	小 田 辺 新 一 (お 茶 大)		谷 下 一 夫 (慶 大)
	長 崎 孝 夫 (東 工 大)		西 尾 茂 文 (東 大)
	菱 田 公 一 (慶 大)		平 井 秀 一 郎 (東 工 大)
	前 川 透 (東 洋 大)		海 野 紘 治 (豊 田 工 大)
	北 村 健 三 (豊 橋 技 科 大)		辻 俊 博 (名 工 大)
	松 田 仁 樹 (名 大)		山 下 博 史 (名 大)
	山 中 晤 郎 (三 菱 電 気)		小 林 睦 夫 (新 潟 大)
	竹 内 正 紀 (福 井 大)		姫 野 修 廣 (信 州 大)
	東 恒 雄 (大 阪 市 大)		片 岡 勲 (京 大)
	神 吉 達 夫 (姫 路 工 大)		坂 本 雄 二 郎 (神 戸 製 鋼 所)
	千 田 二 郎 (同 志 社 大)		藤 井 照 重 (神 戸 大)
	唐 上 宏 (松 下 電 器)		秋 山 巖 (パ ン 日 立)
	鈴 木 洋 (広 島 大)		村 上 幸 一 (愛 媛 大)
	森 岡 齋 (徳 島 大)		伊 藤 昭 彦 (大 分 大)
	金 丸 邦 康 (長 崎 大)		小 森 悟 (九 大)
	笹 口 健 吾 (熊 本 大)		松 尾 篤 二 (三 菱 重 工)

「Thermal Science and Engineering」

チーフエディター

小 竹 進 (東 大)

伝 熱 研 究 目 次

会長就任にあたって	第32期会長	棚澤一部(東 大).....	1
会長退任にあたって	第31期会長	藤江邦男(新 明 和).....	3
<第 5 回日本伝熱学会賞>			
第 5 回日本伝熱学会賞を選考して		伊藤猛宏(九 大).....	5
日本伝熱学会学術賞を受賞して		林勇二郎・寺西恒宣・滝本昭・羽根田完爾(金 沢 大).....	6
日本伝熱学会学術賞を受賞して		牧野俊郎(京大)・加賀邦彦(三菱電気).....	8
日本伝熱学会技術賞を受賞して		古藤 悟・山中晤郎(三菱電気)・片山忠久(九大)・知久道明(三菱電気).....	10
<小特集：非線形現象へのアプローチ>			
過熱液滴の非線形振動		徳川直子・高木隆司(東農工大).....	12
結晶の形態形成		小林 亮(龍 谷 大).....	21
非線形システムの中のパターンと現象の縮約		甲斐昌一・那須野悟(九 工 大).....	30
乱流境界層の速度信号を見られるフラクタル構造		中村育雄・辻 義之(名 大).....	42
<第30回日本伝熱シンポジウム記念講演会>			
第30回日本伝熱シンポジウム記念講演会 ネクスト30 について		望月貞成(東農工大).....	50
New Tides of Heat Transfer Research in U. S. A.		Wen-Jei Yang(ミシガン大).....	51

〈第30回日本伝熱シンポジウム〉

第30回日本伝熱シンポジウムを終えて……………	準備委員長 前田昌信(慶応大)……	68
準備委員会・総務を担当して……………	準備委員 菱田公一(慶応大)……	70
ラポーター方式セッションの試行について……………	準備委員 森 康彦(慶応大)……	71

《フポータセッション報告》

乱流伝熱の素過程(シミュレーションとモデリング)……………	長野靖尚(名工大)……	73
乱流伝熱の素過程(構造と輸送機構)……………	笠木伸英(東大)……	75
対流伝熱の数値計算(強制対流)……………	河村 洋(東理大)・平井秀一郎(東工大)……	77
対流伝熱の数値計算(自然対流)……………	尾添紘之(九大)……	79
遷移沸騰のメカニズムとモデル……………	庄司正弘・西尾茂文(東大)……	81

〈重点領域研究の案内〉

重点領域研究「新素材の製造・加工技術にかかわるマイクロ伝熱工学の展開(略称:新素材マイクロ伝熱)」について……………	棚澤一郎(東大)……	83
--	------------	----

編集後記……………	「伝熱研究」第32期編集委員長 芹沢昭示(京大)……	84
-----------	----------------------------	----

〈地方研究グループ活動報告〉

北陸信越研究グループ企画 1993春季伝熱セミナー(富山)報告……………		85
--------------------------------------	--	----

〈お知らせ〉

「財政基盤強化のための募金事業」に対するご協力のお願ひ……………		87
関西研究グループ企画 神戸伝熱セミナー 開催案内……………		93
中国四国研究グループ企画 中四国伝熱セミナー・徳島 開催案内……………		95
第21回国際会議のための準備セミナー 開催案内……………		97
1993年 JSME-ASME 動力エネルギー国際会議 開催案内……………		98

画像計測シンポジウム 開催案内	99
東海研究グループ企画 日本ライン伝熱セミナー 開催案内	101
第3回基礎研究の振興と工学教育シンポジウム	103
次世代技術におけるエネルギー最前線 セミナー開催案内	105
講習会 最近の流体計測技術—基礎と応用(実習付き)— 開催案内	106
講演会 環境のキーワード熱工学	108
CO ₂ 固定化とエネルギー高効率利用に関する国際シンポジウム 開催案内	109
第2回微粒化シンポジウム 開催案内	110
日本伝熱学会第31期(平成4年度)総会議事録	111
事務局からの連絡	113
入会申込、変更届用紙	

Journal of Heat Transfer Society of Japan

Vol.32, No.126, July, 1993

CONTENTS

Being Appointed President Ichirou Tanazawa(Univ. of Tokyo)	1
Acknowledgement to All of the Members Kunio Fujie(Shinmaywa)	3
<Heat Transfer Society Awards>	
Nomination of the 5th Annual Award of the Heat Transfer Society of Japan Takehiro Ito(Kyushu Univ.)	5
On Receiving the Heat Transfer Society Award for Scientific Contribution Yujiro Hayashi, Tsunenobu Teranishi, Akira Takimoto, Kanji Haneda(Kanazawa Univ.)	6
On Receiving the Heat Transfer Society Award for Scientific Contribution Toshiro Makino(Kyoto Univ.), Kunihiko Kaga(Mitsubishi Electric)	8
On Receiving the Heat Transfer Society Award for Technical Achievements Satoru Kotoh, Goro Yamanaka(Mitsubishi Electric), Tadahisa Katayama (Kyushu Univ.), Michiaki Chichu(Mitsubishi Elec.)	10
<Special Issue: Approach to Nonlinear Phenomena>	
Nonlinear Vibration of Superheated Liquid Drop Naoko Tokugawa, Ryuji Takaki(Tokyo Univ. of A. and T.)	12
Pattern Formation in Crystal Growth Ryo Kobayashi(Ryukoku Univ.)	21
Pattern and Reduction of Phenomena in Nonlinear System Shouichi Kai, Satoru Nasuno(Kyushu Inst. of Technology)	30
Fractal Structure of the Isovelocity Set in the Turbulent Boundary Layer Ikuro Nakamura, Yoshiyuki Tsuji(Nagoya Univ.)	42
<Special Lecture Session Commemorating the 30th Anniversary of Japan National Heat Transfer Symposium>	
On the Special Lecture Session Sadanari Mochizuki(Tokyo Univ. of A. and T.)	50
New Tides of Heat Transfer Research in U.S.A. Wen-Jei Yang(Univ. of Michigan)	51

<The 30th Japan National Heat Transfer Symposium>	
Chairman's Report of the 30th National Heat Transfer Symposium Masanobu Maeda(Keio Univ.)	68
As a Secretary of General of the 30th National Heat Transfer Symposium of Japan Kouichi Hishida(Keio Univ.)	70
How We Arranged the Rapporteur-Directed Sessions: a Memorandum Yasuhiko H. Mori(Keio Univ.)	71
<Reports from Rapporteur-Directed Sessions>	
A review on Element Process in Turbulent Heat Transfer-Simulation and Modeling Yasutaka Nagano(Nagoya Inst. of Tech.)	73
A review on Element Process in Turbulent Heat Transfer-Turbulent Structure and Transport Mechanism Nobuhide Kasagi(Univ. of Tokyo)	75
A review on Numerical Analysis on Forced Convection Hiroshi Kawamura(Tokyo Science Univ.), Shuichiro Hirai(Tokyo Inst. of Tech.)	77
A review on Numerical Analysis on Natural Convection Hiroyuki Ozoe(Kyushu Univ.)	79
A review on the Mechanism and Modeling of Transition Boiling Masahiro Shoji, Shigefumi Nishio(Univ. of Tokyo)	81
<Introduction to New Research Fund>	83
<Postscript by the Editor>	84
<Report on the Local Group Activities>	85
<Announcements>	87

会長就任にあたって

棚沢一郎（東大生研）

先頃、横浜市で開かれた第30回日本伝熱シンポジウムの会期中の日本伝熱学会総会の席で、今期の会長にご推挙いただきました。大変名誉なことであると同時に、責任重大でもあると心を引締めてお引き受けしました。

皆様もご承知のように、日本伝熱学会（発足時は日本伝熱研究会）の初代会長は名古屋大学名誉教授・豊田中央研究所所長の小林明先生であり、第2代会長は沸騰曲線の最初の測定者として世界的に有名な抜山四郎先生でありました。爾来、藤江邦男前会長に至るまで31人の方々が会長職に就いてこられたわけですが、そのお名前を拝見しますと、日本の伝熱工学の発展の歴史そのものを眺めているような感慨を覚えます。まさしく、今日の日本の伝熱研究の隆盛は、これら前会長の方々を中核とする多くの研究者・技術者の不断の努力の積み重ねが実を結んだものであると言えます。

ところで、日本伝熱学会は今大きな転換期にあります。研究同好会的な色彩の強かったこれまでの組織を法人化しようという動きが、前期半ばから急速に具体化してまいりました。法人化のためには、学会の財政基盤を強化する必要がありますが、そのための募金事業が今年初めからスタートしたことは皆様もご存知のとおりです。「伝熱研究」1月号、4月号などの記事でおわかりいただけるように、個人会員の方々からの拠金は既にかなりの額に達しております。企業からの募金も始められました。

私自身、この10年ほどは本学会の運営に殆ど関与しておらず、日本伝熱研究会の名称が日本伝熱学会に変わったことが、こんなに急に法人化への動きと結びつこうとは思ってもみませんでした。昨年秋に、募金委員会の実行委員長を引受けるようご要請をいただいたときには、事態の進展の余りの早さを知って大変びっくりしました。

幸い、募金事業は発起人代表の藤江邦男前会長、総務委員会の飯田嘉宏先生、坂口忠司先生、山川紀夫先生など多くの有志の方々のご尽力により順調に進められております。この勢いを持続してできるだけ早く法人化を実現させ、本学会の基盤を固めるのにご協力したいと思っております。

組織の改変もさることながら、日本の伝熱研究自体も現在大きな転換期にあります。転換はいろいろな形で起こっていますが、特に顕著な点を三つほど挙げるなら、一つは研究者の世代の交代であり、もう一つは研究対象・分野の多彩化であり、さらにもう一つはマイクロ伝熱の発展だと思えます。このうち研究者の世代交代は、時間の経過に伴う必然的なものとも考えられ

るでしょうが、他の二つは性格を異にします。10年近く前の「伝熱研究」に、どなたかが伝熱研究の今後の進展の方向の一つは Micro Heat Transfer であるという趣旨のことを書かれており、私もそのご意見に同感でしたが、そのときの Microは文字どおりミクロン・オーダーかそれよりスケールの大きい現象を指していました。現在のマイクロ伝熱は、これよりさらにスケールの小さい原子・分子レベルにまで至っており、これは私にはほとんど予想外のことでした。今後分子動力学の伝熱研究への導入はますます拡がり、さらに量子論の世界へと進んでいくものと思いますが、このような大流行を作り出された小竹進先生の功績と先見の明はまことに偉大だと思います。

伝熱研究の対象の多彩化は、伝熱工学の体系が成熟しつつあることと無縁ではありませんが、もう一つ、しばらく前から伝熱シンポジウムにオーガナイズドセッションが設けられ、その中に材料プロセス、電子機器冷却、宇宙、バイオなどのような新しいテーマが積極的に組み込まれるようになったことも大きな駆動力になっているのではないかと思います。伝熱という現象はごく普遍的なものであり、その体系化である伝熱工学は、機械工学・化学工学などといった学問の枠を超えて広汎な領域で役立ちうるものです。そのような性格を活かした企画が、いろいろな先端領域における伝熱をテーマとするオーガナイズドセッションだと思っています。今後さらに多くの新しい分野での伝熱研究が、活発に行われることを期待します。

最近数年間の日本伝熱シンポジウムにおける参加者数、発表論文数などは、毎年8月に米国で行われる、ASME-AIChE-ANS共催による米国伝熱会議に匹敵するものです。両者の大きな違いは、その国際性にあると思います。そして、日本伝熱学会の今後の発展の方向の一つも国際化ということではないでしょうか。本学会の法人化は、日本伝熱学会がこれから世界の伝熱研究の中心的役割を演じていく上できわめて重要なことであり、微力ながら私も会員の皆様のご協力をいただいて、本会のさらなる躍進の基盤をつくるお役に立ちたいと考えております。

(1993年6月)

会長退任にあたって

藤江邦男（新明和）

第31期の会長に就任して、早や一年が経過し、退任にあたって、一言ご挨拶と御礼を申し上げます。この一年間を振り返ってみますと、会長として学会の法人化を目標とした、財政基盤強化のための募金の企画実施に終始して、その外に学会としてやるべき仕事が、等閑になった感じがしてなりません。

会長就任当初は学会の法人化は、早くて2～3年先と言われており、第31期は法人化するための準備期間の中の、第一年度位に考えておりましたが、文部省の意向など諸般の事情によって、法人化に必要な条件を急遽整えなければならないことになった次第です。法人化の必要条件として、基金2,000万円以上の外に、論文集の発行がございます。この件に関しては、小竹前会長をチーフエディクターとして、経費の関係から費用が少なく、しかも短期間で刊行が可能な方法として、学会誌(伝熱研究)と論文集(THERMAL SCIENCE and ENGINEERING)の併合版を企画して頂き、本年1月発行の伝熱学会30周年記念特集号から実施することができました。

さらに法人化の条件として学会専用事務所の設置と専任事務員の雇用があり、今までより何かと経費がかかり、今後一層の個人会員並びに賛助会員の増強が必須の課題となります。会員の皆さんには学会の財政基盤強化の必要性をご理解頂き、身近な同好者又は企業に入会をお勧め下さるようお願い致します。

学会法人化対応の問題は、学会の将来を考える時、何時の日か誰かがやらねばならぬことであり、今まで大変お世話になった学会にたいし、少しでもお役に立つ機会が与えられたと思ひ直して、私なりに努力して参りましたが、力不足で拙速の謗を免れぬことは、十分承知しております。しかし、募金事業実行委員会の棚沢委員長はじめ多数の委員の方々、並びに募金事業発起人の方々のご協力、ご支援によりまして、本年1月から個人会員を対象とした募金を開始いたしましたところ、今まで大変よい出足で募金が集まっているように聞いており、ご賛同、ご協力頂きました会員各位に、心から厚く御礼申し上げます。

一方、関連企業を対象とした募金を6月から開始致しましたが、市場の景況が未だ大変悪く、実行委員会地区代表委員、地区委員、総務担当委員、会計担当委員の方々には大変なご苦勞をおかけしますが、学会の将来を考え情熱と忍耐を持って、スマートに募金できますように、よろしくお願い致します。

本学会は諸先輩先生方のこれまでのご指導、ご活躍によって、順調に発展してまいりましたが、再三に渡る会費値上げにも拘らず、残念ながら運営資金の面からも、必ずしも十分とは言えないのが現状であります。本年6月のシンポジウムの経費についても、準備委員会のご要望に沿えず、経理上大変なご苦勞をおかけして、心苦しく思いましたが、予算の枠内で

伝熱研究 Vol. 32, No. 126

実施して頂き、感謝申し上げます。

今後、学会を法人化し、一層活性化するためには、会員皆さんの日頃の学会を愛する気持が基本ですが、今回の募金事業が当初の目標を達成して、学会の財政基盤が確立できれば、新世紀に向けて学会の発展を大いに期待できます。是非、会員皆さんのご協力を重ねてお願い申し上げます。

最後になりましたが、この一年間至らぬ私を支えて下さいました伊藤猛宏、井上 晃両副会長はじめ理事、監事、評議員並びに学会法人化の仕事に携わった、多くの方々に衷心より御礼申し上げ、退任のご挨拶と致します。

第5回日本伝熱学会賞を選考して

伊藤 猛宏(九大工)

私見ではこのような記事は書かない方がよいかと思いますが、本誌編集委員会の企画に逆らうのも本意ではありませんから、ほとんど事務的なことを記します。

ご承知のように本会の論文賞は毎年2件程度、技術賞は毎年1件程度で、両者ともに日本伝熱シンポジウムで発表された論文およびその展開に対して選考されます。論文賞は名目通り論文で選考します。技術賞は技術を審査することになっておりますが、現実には技術を記述した印刷物により選考しておるようです。学会賞に関する覚え書きや選考内規には、技術賞候補者の年齢については特段の記述はありませんが、実績ではあまり年長でない方が選考されてきたようです。

日程的には、本誌10月号で公告し、翌1月中旬頃締切り、日本伝熱シンポジウム時の総会で発表・贈呈するという段取りになっております。

今回は推薦数がやや少な目でありました。会員各位には本賞の趣旨をご理解いただき、たくさんの推薦をお寄せ下さいますよう希望します。最後に、今回の表彰に際し、候補者を推薦下さった方々および表彰選考委員会委員各位に厚くお礼申し上げ、授賞者各位の研究のご進展を祈ります。

第5回日本伝熱学会学術賞を受賞して

林 勇二郎 (金沢大工)

今度、横浜市開港記念会館で開催された第30回日本伝熱学会総会において、滝本昭君、寺西恒宣君、羽根田完爾君とともに、第5回日本伝熱学会森康夫学術賞を戴く栄誉に浴しました。受賞にあたり、お世話いただいた先生方ならびに長年にわたって私どもに学会活動の場を提供してくれた日本伝熱学会に対し、本誌を通じて厚く御礼申し上げます。

受賞の対象となった「二成分不溶性混合冷媒の凝縮熱伝達に関する研究」は、富山工專の寺西君が私共の研究室に内地留学した1987年に始まるもので、それ以来の共同研究課題です。その間、1990年から1992年にはエネルギー重点領域研究「エネルギー利用の効率化」班に組み込んでいただいたため、目的型にしてかつ多面的視野に立ったエネルギー研究の一環として本研究を遂行することができました。研究の詳細は、日本機械学会論文集B編、58巻545号をご覧ください。ここでは本研究の位置づけ、比較的興味深いと思われる現象の説明、感想などを述べることにいたします。

液体状態で互いに溶け合わない混合蒸気凝縮の研究は、従来、石油精製における油と水の分離・蒸留操作、水蒸気の凝縮器における有機蒸気混入によるトラブル、さらには混合蒸気を用いることによる復水器の腐食防止など、プロセスを取り扱いの対象とする化学工学の分野で数多く行われてきました。他方、近年、中低位熱エネルギーの有効利用において、低沸点有機系の作動媒体に水などの無機物質を加え、物性面からランキンサイクルやヒートポンプサイクルの性能を改善しようとする考え方があり、これについては京大の荻野先生らの研究が代表的なものです。

二成分の混合が意図的であれ偶発的であれ、このような混合蒸気が壁面凝縮する挙動は単成分や溶解性の多成分蒸気に見られる膜状の凝縮とは著しく異なります。図1は、共沸組成にある四塩化炭素-水系の凝縮の様相のスケッチを示したもので、壁面での有機液膜流と付着水滴からなる膜滴混在に加えて、水と有機物質のそれぞれ相異なる成分の微小滴が液表面に浮遊し流下している様子が判ります。一見複雑そうですが、壁面での膜状と滴状の凝縮は、それぞれ単独の純成分では膜状凝縮となるべきものが、相互に不溶性であることが両者の表面張力の差異を強調し、その結果、膜状と滴状の凝縮を顕在化させているものと言えます。また、レンベ状の微小滴の存在は、混合蒸気が凝縮層表面に一樣に凝縮していることを裏付けていることにもなります。以上、二成分不溶性混合蒸気の凝縮は、有機の膜状と水の滴状からなる膜滴混在を基本としますが、水滴が成長により、重力や液

膜せん断力が壁面付着力に打ち勝つとやがて壁面を離脱流下し、初生滴の発生—成長—離脱の動挙動が繰り返されることになります。即ち、二成分凝縮液の流動パターンは、有機液膜流と付着水滴からなるfilm-standing drops, 液滴の離脱を伴うfilm detaching drops, 液滴の離脱が連続的となり有機物質と水とが筋状に別れて流下するseparate channelsの三つのパターンに大別されることになります。本研究は、図1での凝縮の機構を踏まえ、冷却平板上での水滴の成長と離脱を基本とする流動パターンを組み込んだ伝熱モデルを提示し、従来、Westwaterら、AkersとTunner, Polleyら、Bernhardらによって局所的に論じられていたこの問題に対して、現象の解釈を伴う統一的な見解を与えたものと言えます。その後、この研究は、周囲流体が非共沸組成で凝縮面上に気相拡散抵抗層を伴う凝縮、熱交換器の構成要素である円管冷却面への凝縮、微細な三角形フィンや平底フィンをもつ高性能面での凝縮、さらには管群凝縮の研究へと展開していますが、賞状の文面にある「上記の研究を通じて伝熱研究の進展に貢献した-----」かどうかは些か疑問です。

筆者らはこれまで、いくつかの相変化を伴う伝熱問題を取り扱って来ました。熱交換器においては、相変化物質を排除し伝熱面を更新することが第一義となりますが、相変化をinitiateとする初期素過程が現象に埋没してしまう凝縮問題においては、伝熱促進は至難のようです。伝熱面の微細化や種々の力を伴う複合場など、構造的・物理的な複雑・微細化が伝熱研究の主流となっていますが、寸法や時間スケールのマイクロ化で現象の本質を揺さぶれない場合には、成分や組成など化学的な複雑化が思わぬ解答をもたらすかも知れません。

最後になりましたが、筆者の指導教官の故片山功蔵先生ならびに森康夫先生にお礼申し上げ、受賞の挨拶といたします。

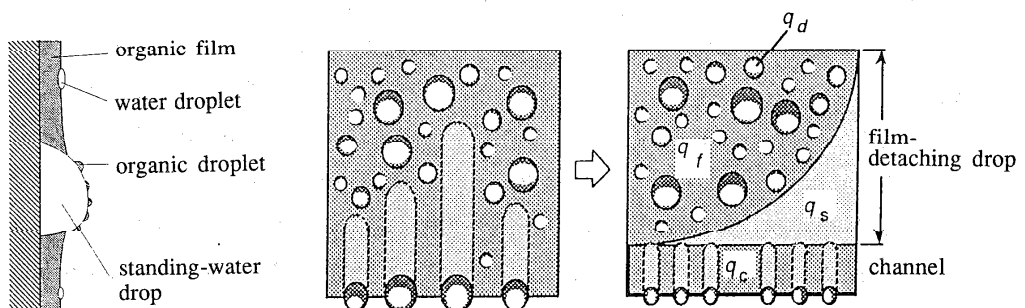


図1 複合凝縮の様相と凝縮モデル

日本伝熱学会学術賞を受賞して

牧野俊郎（京大） 加賀邦彦（三菱電機・元京大）

第30回日本伝熱シンポジウムの総会において日本伝熱学会森康夫学術賞をいただきました。たいへん光栄に思い、文字どおり緊張いたしました。私どもは、ふく射物性学の、どちらかというと地味な研究を続けてきましたので、このようなあたりに光を当てていただいたことをうれしくおもいます。ご推薦下さった先生方に御礼申し上げるとともに、これまでのシンポジウムを通じて私どもを育てて下さった学会会員の方々に感謝いたします。

受賞の対象となった論文は、

三次元重ね合わせ法によりモデル化したあらい表面におけるふく射の散乱, 第27回日本伝熱シンポジウム講演論文集, (1990), pp. 382-384; 日本機械学会論文集, 58巻553号, B編, (1992), pp. 2827-2833.

であります。この研究は、京都大学の私どもの研究室で行ってきた“金属実在表面の熱ふく射性質の研究”の一環をなすものですが、ここでは、その研究の背景を示して、伝熱科学あるいは物理工学の研究の一端を紹介させていただきます。

ふく射(radiation)は、電磁波の総称であり 広い意味での光を指します。電磁気学や光学の理論・実験の確度は熱学のそれに比べて高いので、ふく射伝熱の評価は伝熱の他の分野のそれに比べてより系統的なものであってもよいはずですが、ところが、実際には、固体とりわけ金属材料のふく射性質(radiation characteristics)が特定できないために、詳細な数学的形式の中に、至っていい加減な物性値を放り込むことになることが珍しくありません。また、このことのために伝熱の基本モデルまでもが萎縮してしまうことも少なくなかったかと思えます。

このアンバランスは、金属のふく射性質が表面の性質であることに起因します。伝熱学の表面は通常あらく表面被膜に覆われていて“多様”なのです。つまり、米国のCO₂と日本のCO₂とは同じものですが、ここにある実験室の銅と現場の銅とを比べるとときには、むしろ同一視する側に立証責任が求められます。さらに、その表面は自然界や工業装置の実環境下では時々刻々にも変化します。そして、この変化は‘影響’という類の二次的なものではなく物性値の1桁め以上を左右します。財布の中の10円玉を並べて見ると実に多様であることに気づかれますが、ふく射性質は光学的性質ですので、この多様さの印象はそんなに外れてはいません。銅の放射率(emittance)を有効数字1桁で示せという要求は、ゴミの熱伝導率を有効数字1桁で示せという無理難題にも相当します。

物理学の研究者は、高純度金属単結晶の清浄な光学鏡面を対象として‘物性’(properties)を

明らかにし'真の'銅の姿を描き終えましたが、一方、伝熱学のわれわれの事情は一向に改善していません。自然界や工業装置の実環境下で多様かつ過渡的な'もの'の一生に、彼らの生き方を尊重しながら向き合うためには、物理学とは違った学としての物理工学が必要になります。研究の方向は二つあって、一つは、系統的な学のスジみちをつくること、もう一つは、いまこの状態にあるこの表面についての診断の指針を与えることかと思います。どちらも大切なのですが、いただいた賞はこの前者の研究の「ステップ」についてのものであります。

私どもは基本的に実験屋ですので、まずは実在表面の一生を実験的に追って見ることにしました。実験装置を試作し、実験室の清浄な光学鏡面が実環境下の酸化されたあらい表面に変化する過程でのふく射性質の推移につきあってみました。その結果は、私たちにとっては感動的なものであります。スペクトルは実に規則的に変化し、その変化はすぐれてよく再現されました。多様な実在表面の一見ばらばらな諸局面も、これをスペクトルの過渡現象であるとする視点からすれば、系統的な理論研究の対象となる、という単純で心強い結論を得ました。この研究は、前述の一連の研究の出発点になりました。

二三の失敗と成功の段階を経て、あらい実在表面のふく射性質を電磁気学のベースに乗せてとり扱うには何をすればよいのかを考えられるところに至りました。幸いにして、当時の私どもの研究室には、みんなが言いたい放題言って、ブレインストーミングできる環境ができていました。大きさやその傾きが統計的な分布をとる、多数の離散的な表面の要素が連続的に並んだ、自己相似的な表面の三次元構造は、いかにして可能であろうかと、ずいぶん議論しました。なるべく色チョークを使って黒板に線をいっぱい描いて、ああだこうだと話し合ったものです。構想が煮詰まってゆく過程での議論は楽しいものでした。できてしまうと、モデルのアイデアは至ってシンプルなもので、それを説明するOHPシートは一枚の絵で十分なものであります。もちろん研究を完成するためには多くの数式も必要でしたが、その数式の大半については、私どもはユーザーであったに過ぎません。たいへんラッキーであったのですが、提案した表面のモデルは、ふく射性質の定性的なレベルでの重要なポイントを突くものであることがわかりました。これが受賞した好運な研究です。

今後ともに、なるべく絵に描けるような研究のアイデアを示せればと思っています。ふく射物性学では、 μm のオーダーの波長をもつふく射と、同じ μm のオーダーの物質の構造を問題にしますので、ややもすれば、そこでの議論・そんな研究をする人も細かいものかと思われがちですが、そうではありません。細かいのは μm という単位の大きさであって、議論はそこでも、荒削りで雑なもの、解剖学的よりは生態学的なものが望ましいと思っています。

さて、こう書いてくると話はもっともらしいのですが、問題は大きくて、まだ、氷山の一角にねずみが噛みついた段階にあります。私どもはもとより、この分野もまだ若くて頼りないものです。このたびは、賞のはげましをいただき、たいへん元気づけられました。もう一步進むことができればとおもいます。ありがとうございました。

第5回日本伝熱学会技術賞を授賞して

古藤 悟 (三菱電機) 山中 晤郎 (三菱電機)
片山 忠久 (九州大学) 知久 道明 (三菱電機)

1. はじめに

この度、荣誉ある日本伝熱学会の第5回日本伝熱学会技術賞を、伝統ある横浜市開港記念会館で開催された第30回日本伝熱シンポジウム総会において戴き、受賞者一同大変感激すると共に、誠に光栄に存じております。御推薦を賜りました諸先生方に深く感謝の意を表します。私は常日頃から、日本伝熱シンポジウムは伝熱研究の総本山的存在であり、そこでの討論が自己の研究の真価を問う試金石となると信じ、会社の関係者にも講演による参加を呼びかけております。その意味からも、今回の技術賞の授賞は感慨無量であります。

2. 授賞した研究の紹介

さて、授賞の対象は「熱流体シミュレーションによる空調室外機設置環境予測技術と高層ビルへの空調室外機の各階分散設置技術」第27回日本伝熱シンポジウム講演論文集、日本機械学会論文集(B編)57巻543号(1991)であります。

近年、ビル用空調室外機は、ビルの高層化に伴って各階壁面に設備ベランダを設けて設置する形態が増加しています。その状況下において、博多第五階成ビル(福岡市博多区)の新規建築に絡んだ空調機の商談が舞い込んだのが発端であります。このビルは、隣接ビルとの距離が非常に小さく、その狭小空間のベランダに設置された空調室外機に吸・排気短絡というトラブルが発生する事が懸念され、受注可否の判断のために事前にトラブルを予測できる技術とその回避技術の開発が求められました。そこで、これまで培ってきた熱流体シミュレーション技術を適用する事となりましたが、受注額が大きいだけに予測の誤りによる責任も大きいものとなりました。

熱流体シミュレーションを適用した室外機設置環境予測の結果、これまでの設置状況ではトラブルが生じる事が分かり、予測結果に基づいた最適室外機設置構造の提案とトラブルを生じないという室外機設置環境予測結果をもって受注に至りました。最終的には、ビルの竣工直前にビル風等の環境や室外機の吸排気温度等の運転状況を測定して、シミュレーションの予測精度の検証まで行う事ができ、自然現象の中の工業製品の熱流体性能の予測評価をするための数々の貴重な知見を得る事ができました。また、竣工後4年の間何等のトラブルも発生しておらず、関係者一同責任を全うでき安堵の境地であります。

また、本技術により、ビルの設計段階での室外機の動作環境を予測して、設置形態の問題点

を事前にチェックし、問題があれば設置上の改善提案を行うという新しい事業形態が確立され、さらに本研究成果としての吸・排気短絡を発生しない空調室外機設置技術はこの事業の大きな柱となっております。

3. 企業における解析を主体とした研究の難しさ

私は、この10年余りの期間、大学時代から培ってきた熱流体数値解析技術を進化させると共に、企業の中に浸透させるために様々な研究活動を繰り返して参りました。その中で、授賞の対象となった研究は、企業利益と解析研究の利害が一致しており、容易に描ける成功ストーリーのように思えるかもしれません。しかし、企業内で解析を主体とした研究はその運用が非常に難しく、御苦勞なさっておられる方々も多い反面、これから就職して社会で活躍しようと意気込んでおられる学生さんの中には誤解されている方もおられると思います。そこで、この場をお借りして、企業における解析を主体とした研究に対して一言述べさせて戴きます。

私の関わっている熱流体解析に限らず、企業では解析主体の研究開発は非常に難しいと思います。熱流体解析の研究に重きを置くと、企業活動の最終的成果である売上げや利益に対する貢献が表に現れに難しく、ハードウェアの研究・開発に較べて評価が下がってしまいます。ただし、ソフトウェアの販売や解析請負業務を前面に出しておられる企業は別です。一方、ハードウェアの研究に重きを置くと、難しい方程式をいじくりまわし応用展開の見えない解析よりも、現象を即座に実証できる試作実験に走りがちです。そのため、現象をマイクロに普遍化する段になると、うず高く積まれた試験データの整理に行き詰まり、次のステップの開発提案の際に飛躍的なホームランを打てずに手詰まり状態に陥ってしまいます。従って、ハードウェアを支配している現象の解明とその現象に基づいたハードウェアの新提案を行う事を常に念頭に置きながら、熱流体解析と実験をツールとして併用し、どうしても分からない現象が出現すれば、新たな熱流体解析技術の開発や測定技術の開発をそのプロセスとして取り組むという事が必要となります。このことは、科学技術の超先端の研究分野に対しては適用できませんが、少なくとも熱流体现象を対象としているような工学の分野に対しては適用できるはずです。

以上に述べた難しい反面、このような複雑な環境に置かれた企業という世界にいるからこそ、製品という企業活動の産物と一体化して、数々の豊富な研究ターゲットと製品を完成させたという満足感に接する事ができるのです。この点においても、研究の中身以外に関するこれまでの様々な苦勞が思い出され、授賞に対する感激も一層大きいものとなりました。

3. おわりに

最後になりましたが、私共の熱流体数値解析に関する研究は、学生時代から現在にいたるまでの大阪大学工学部の高城敏美先生の適切な御導無くしては有り得ませんでした。また、多くの方々の御協力と御支援無くしては本授賞に至る事はできませんでした。この場をお借りして感謝の意を表すると共に、本授賞を契機に更なる新しい研究テーマに取り組みたいと思います。

過熱液滴の非線形振動

徳川直子, 高木隆司 (東京農工大学)

1 はじめに

300°C 程度に加熱した平板上に小さな液滴をのせると、液滴の下面で激しい蒸発が起きてホバークラフトのように浮き上がり、直接加熱面に接触しない。液滴の下にできる薄い蒸気層の熱伝導は小さいので、液滴の下面は、加熱面より低温に保たれ、瞬時に消滅してしまうことはない。もし加熱面の温度が液滴の沸点よりあまり高くなければ激しい蒸発はおこらず、液滴は加熱面に接触してすぐに蒸発してしまう。浮き上がった液滴は、重力の作用で扁平になる。観察によれば、その液滴は自励的に、平面形が多角形の対称性を持つような振動を始め、徐々に蒸発して消滅するまでのしばらくの間振動は持続する [1, 2, 3] (図 1 参照)。

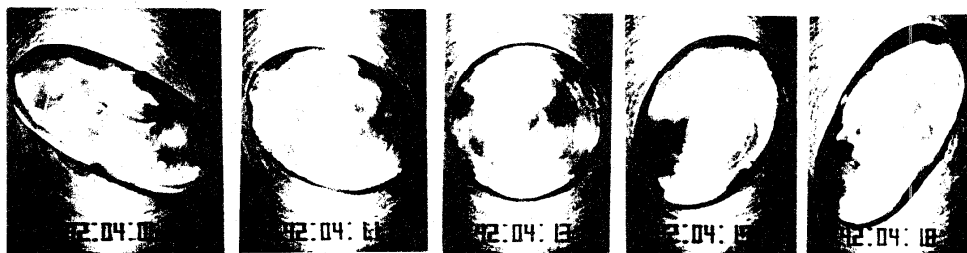


図 1: 蒸留水の振動の観察例 ($n = 2$) [4]

加熱板上での液滴の運動はフライパンの上で等日常生活でも見られ、馴染み深い現象である。しかし、その振動の機構には、定性的にも定量的にも知られていないことが多い。水滴については、図 1 に示した“ジェリービーンズ型”の振動だけでなく、図 2 に示すように 3 つの角を持つ“おにぎり型”の振動や、4 つや 6 つの角を持つ振動さえも励起する。

ここで、平面形が n 角形になる振動をモード数 n の振動と呼ぶ。水について著者らの行った実験ではモード数 n が 2~8, 10 の振動が観察されている。

この現象は Leidenfrost 効果として古くから知られている。Leidenfrost 効果とは、加熱面上に置かれた液滴が扁平な円盤状を保って動き廻る現象をさし、上に述べた多角形振動もその一つと考えられる。

ここで、一時的な液滴の振動についての研究をふり返ってみよう。Rayleigh は球形および円柱形液体のノーマルモードの角振動数を以下のように導いた [5, 6]。

$$\omega_d^2 = \frac{(n-1)n(n+2)\sigma}{r_0^3 \rho} \quad \text{:球形液滴、} \quad (1)$$

$$\omega_c^2 = \frac{(n-1)n(n+1)\sigma}{r_0^3 \rho} \quad \text{:円柱。} \quad (2)$$

ここで σ と ρ はそれぞれ表面張力係数と密度である。円柱の振動は液体を空中に高速で噴出することにより、球形液滴は液滴と同じ密度を持ちかつ混ざらない他の液体中に中立浮遊させることで観察される。他の液体中に中立浮遊された球形液滴は、Trinh らなどによって観察されている [7]。気象学の分野では、風洞中で下から吹き上げる風の上に置かれた液滴が観察された [8]。

化学反応により液滴が振動する現象も存在する。重クロム酸カリウムを溶かした硝酸の中に水銀を入れたとき、水銀が振動を始めることが観察される。この場合、強酸や強塩基の中では水銀液滴表面に電荷が生じ、その電荷を溶液とやりとりすることによって表面張力が変化し振動が励起されると考えられている。この系では、振動を始めるためのトリガーとして、鉄線によって水銀と溶液との間を電氣的に短絡させる必要がある [9] (図 3 参照)。

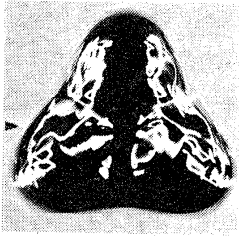
近年、原子核の液滴模型としての応用から、液滴の振動は新たな興味の対象になった。この液滴模型は、多体系である原子核が液滴に似た性質を持つことから提唱された模型で、殻模型と両極をなす。そして質量公式、核分裂の機構を理解する上で重要な役割を果たした [10, 11]。

過熱液滴の振動現象は、Holter ら [12] および著者ら [4, 13] によって、水を用いて実験的に示された。また、著者らは液化した酸素、窒素、アルゴンの液滴を用いた実験 [1] (図 3 参照)、ノーマルモード解析 [2]、およびモード遷移についてのモデルシミュレーション [3] も行っている。

液滴と周囲の温度差による表面張力等何らかの形でエネルギーが注入され、振動が自励、持続すると考えられる。ところで、過熱液滴がいかに自励振動を始めるかという問題はいまだに解明されていない。以下では、著者らの行った実験の結果を中心に、過熱液滴の振動について解説する。



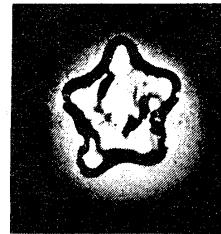
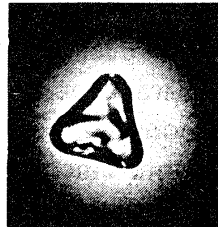
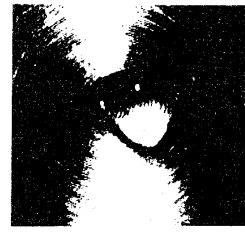
図 2: 蒸留水の振動の観察例 ($n = 3, 4, 6$) [4]



水銀 ($n = 3$) [9]



エタノール ($n = 2, 3$) [4]



液化ガス ($O_2 : n = 4, N_2 : n = 3, 5$) [1]

図 3: 様々な物質の振動の観察例

2 実験方法および結果

液滴が飛び出さないようにわずかに凹んだ平板を加熱し、その上に蒸留水の液滴を置き、自然に励起される振動を観察した。液化ガスの場合は室温中、および窒素蒸気で冷却した閉じた容器内または伝熱線で加熱したガラス円筒内に平板を置いた。

過熱液滴について様々な振動モードが観察されることは上で述べたが、さらに興味深いことに、平板上に置かれた液滴が（徐々にではあるが）蒸発し体積が減少していく間に振動のモードが次々に変化する。

例として、液体窒素を用いたある一回の実験での時間に対する平面形の平均半径と振動の周期の変化の様子を図4に示す。平面形の平均半径 r_0 は、体積が減るにつれて単調に減少した。周期 T は液滴が小さくなるにつれ次第に減少するが、あるところでモード数が異なる振動に遷移し、周期は大きな値に戻り再び減少し始めた。結局、周期はどのモードにおいてもほぼ同じ領域内の値をとったように見える。ある1つの振動モードが消滅し、新たなモードの振動が励起されるまでの間、液滴はランダムな運動をした。モード遷移については次に詳しく述べる。

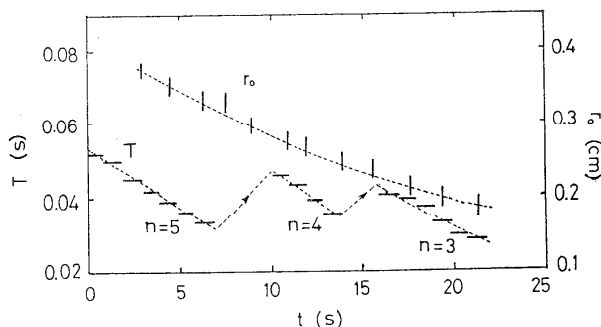


図4: 一回の実験での平均半径 r_0 と周期 T の変化（液体酸素） [1]

過熱液滴に出現する振動モードは、試料液体の材質、加熱板の温度、液滴の大きさ、運動の初期条件に依存する。著者らの行った実験では蒸留水ではモード数 $n = 2 \sim 8, 10$ が観察されたが、しばしば現れたのは、 $n = 2 \sim 4, 6$ であった。エタノールでは、ほとんどの場合 $n = 2, 3$ が観察された。液体酸素では $n = 6, 5, 4, 3, 2$ のモードが、窒素では $n = 5, 3, 2$ のモードが、アルゴンでは $n = 5, 4, 3, 2$ のモードが次々に現れた。

出現したモードを加熱板の温度と直径のグラフにプロットしたものを、図5, 6に示す。垂直の矢印は、同じモードの振動が持続した直径の範囲を示す。蒸留水に関しては、加熱板

の温度 $T \geq 330^\circ\text{C}$ 、かつ直径 $2r < 15\text{mm}$ の領域では、 $n \neq 3$ のモードがランダムに現れた。上記以外の領域ではほとんどの場合、 $n = 2$ のモードが現れた。エタノールでは、温度によらず $2r \geq 8\text{mm}$ の領域では $n = 2$ のモードが、 $5 \leq 2r < 8\text{mm}$ では $n = 3$ のモードが現れた。

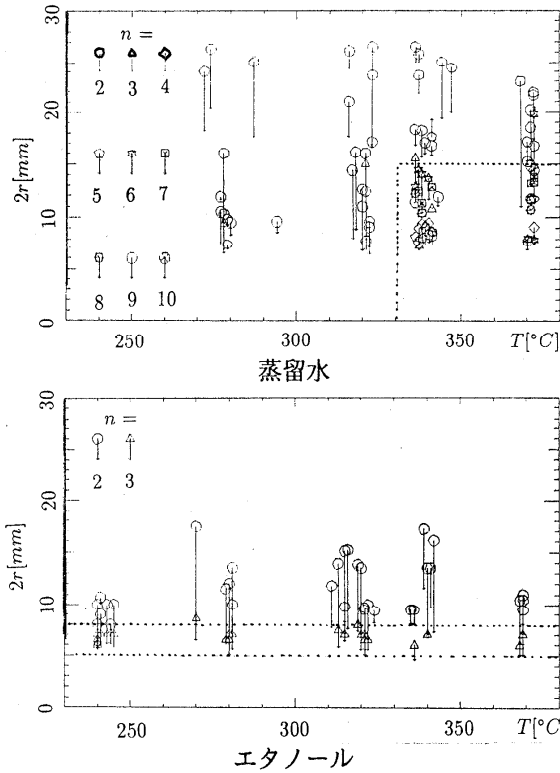


図 5: モード選択 [4]

垂直の矢印は、同じモードの振動が持続した直径の範囲を示す。

液体窒素を用いた実験では、温度によらず、 $4.2 > r > 3.9\text{mm}$ では $n = 5$ のモードが、 $3.9 > r > 1.7\text{mm}$ では $n = 3$ のモード、 $1.7 > r > 0.9\text{mm}$ では $n = 2$ のモードが現れた。ただし、 $T > 150^\circ\text{C}$ 、 $3.0 > r > 1.5\text{mm}$ の範囲では $n = 6 \sim 2$ のモードがランダムに現れた。液体酸素と液体アルゴンでは、温度依存性は調べていないが、周囲が室温の場合測定の度にほぼ同じモードが同じ順番で現れた。半径が小さくなるにつれて現れるモード数 n が小さくなる傾向は液化ガスに共通していた。

エタノールは、現れるモードが毎回ほぼ同じで温度に依存していない点で液化ガスと似ている。しかし、現れたモードは、半径が小さくなるにつれて大きくなった。

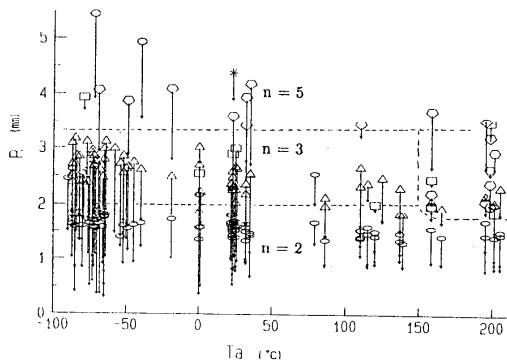


図 6: モード選択 (液体窒素) [14]

垂直の矢印は、同じモードの振動が持続した直径の範囲を示す。

一方、振動モードが液滴の半径や物質に敏感に依存性する。例えば、沸点や蒸発の際の潜熱、比熱に大差の無い液体窒素と液体酸素でさえも大きな差があった。これらの問題についてはまだ未解決である。

著者らは液体窒素の振動が $n = 5$ のモードから $n = 3$ のモードに遷移する様子を、撮影したビデオの各瞬間の画面をコンピューターで処理し解析した。画像から得られた液滴の輪郭をフーリエ分解して求めた、モードのスペクトル分布の時間変化を図 7 に示す。これから、最初は $n = 5$ と $n = 2$ のモードが同じくらいの強度で共存していたのが、次第に両方の振動が減衰し $n = 3$ のモードの振動が励起されていたことがわかる。 $n = 5$ と $n = 2$ のモードが同時に存在するとき、その平面形はある方向に引き延ばされた 5 角形となる。これは実際の平面形の観察結果に一致する。

モード数 n の液滴の輪郭は、中心からの半径 R を角度 θ の関数として表わすことができる。

$$R_n(\theta) = R_n \exp(\pm i n \theta) \quad (3)$$

$n = 5$ と $n = 2$ のモードの非線形相互作用の性質を見るために、2 つのモードの重ね合わせ、すなわち半径関数 R_n の積を作ってみると、次のように $n = 3$ 、 $n = 7$ のモードが現れる。

$$R_5(\theta)R_2(\theta) = R_5R_2 \exp(\pm i 5 \theta) \exp(\pm i 2 \theta)$$

蒸留水でも、現れるモードは毎回異なったが、半径が小さくなるにつれてモード数が比較的大きい振動が現れる傾向にあった。

以上から、モード選択の様子が周囲の温度によらないような温度領域が存在することがわかった。すなわち、この領域では自励振動のメカニズムに大きく寄与するのは液滴に非常に近いところでの温度分布や流れであることがわかった。

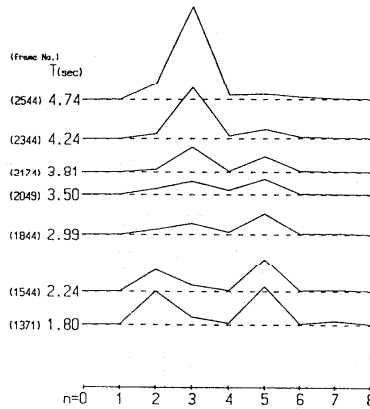


図 7: 液体窒素の輪郭関数のスペクトル変化 [3]

$$= \begin{cases} R_5 R_2 \exp(\pm i 3\theta) \\ R_5 R_2 \exp(\pm i 7\theta) \end{cases} \quad (4)$$

実際には $n = 3$ のモードが現れ $n = 7$ のモードは現れなかったので、この考えだけですべてが説明できるわけではないが、モード間の遷移がいくつかの振動モードの非線形相互作用によるものであることは示唆される。

蒸留水の静止した液滴内の温度を、熱電対を用いて測定した。その際、加熱板の温度は 320°C ぐらいに固定し、熱電対の位置は液滴の中心に固定した。その結果、液滴の上の表面の温度は $90 \sim 80^\circ\text{C}$ 、内部では $95 \sim 90^\circ\text{C}$ 、下の表面では 100°C であった。つまり、液滴の表面の温度が一樣ではないことが確かめられ、表面張力が一樣ではないために振動が励起される可能性が示唆された (図 8 参照)。

なお、熱電対で直接測定しようとするすると振動が抑えられてしまうので、振動状態での温度分布は得られなかった。

3 理論解析

今のところ、自励振動のメカニズムを説明した満足すべき理論解析はない。著者らが行った単純化した解析では、液滴を非常に薄い液体の層と仮定し、浅水波理論、すなわち、流体の振動を浅水波の表面張力波と仮定した。液滴中の流れは非圧縮で非粘性とし、ポテンシャル流理論を適用した。

この近似理論に基づく微小振幅のノーマルモード解析から、理論と一致するときの物質定数の組み合わせ $\sqrt{\frac{\sigma}{\rho}}$ の値が沸点での値より 10% 程度小さい値であることが結論された。ただし、この結論はまだ検討の余地がある [2]。

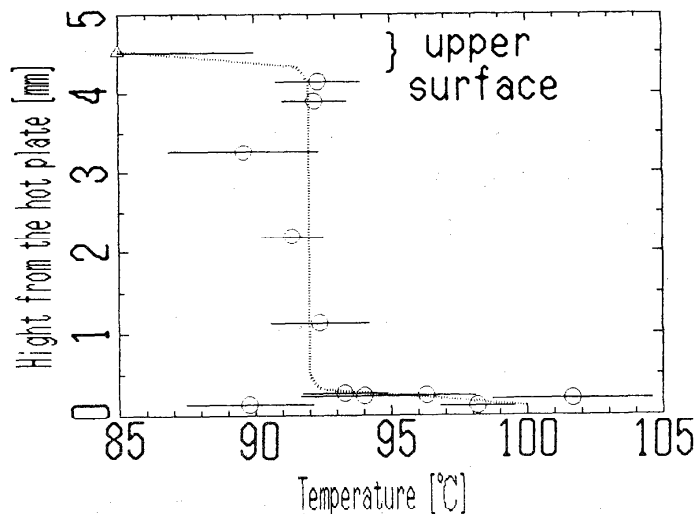


図 8: 液滴の温度測定結果 [4]

具体的なエネルギー注入のメカニズムとしては、液滴と加熱面間の蒸気層の流れの変動と、液滴表面の温度分布の変化による表面張力の変動の2つが考えられる。線形安定性解析の範囲内では蒸気層の流れの変動により振動が励起されることはない、すなわち攪乱は常に減少する事が分かった [15]。一方、表面張力の変動によって振動が励起されるという考え方が有力であることがある簡単なモデル解析により示されている [13]。

4 おわりに

定性的には、液滴の自励振動のメカニズムは、液滴と周囲の温度差による表面張力の温度変動などの形を通して、エネルギーが注入され、振動が励起され持続すると考えられる。その意味で、非平衡状態に現れる動的な秩序構造の1つの例である。しかし、自励振動の詳細なメカニズムはいまだに解明されていない。その理由は、この現象には重力、慣性、表面張力が複雑に作用しており、さらに熱的に強い非平衡状態なので、解析が物理的にも数学的にも非常に困難だからである。これからの発展が期待される。ただし、運動の観察は比較的簡単で見ているだけでも大変楽しい。10 ~ 30Hz くらいの振動なので、ビデオに記録して、スピードを遅くして見ればよい。あるいはストロボをあてれば、類似的に遅くした振動の観察ができる。多くの方が観察して楽しめる事を勧めたい。

参考文献

- [1] K. Adachi and R. Takaki : J. Phys. Soc. Jpn. **53** (1984) 4184
- [2] R. Takaki and K. Adachi : J. Phys. Soc. Jpn. **54** (1985) 2462
- [3] R. Takaki, A. Katsu, Y. Arai, and K. Adachi : J. Phys. Soc. Jpn. **58** (1989) 129
- [4] N. Tokugawa : Master Thesis, 1992
- [5] Lord Rayleigh : *Scientific Paper* (Cambridge Univ. Press, 192) vol. 3.
- [6] Lord Rayleigh : Proc. R. London **29** (1879) 71
- [7] E. Trinh, A. Zwern and T. G. Wang : J. Fluid Mech. Sci. **115** (1982) 453
- [8] A. R. Nelson and N. R. Gokhale : J. Geophys. Res. **77** (1972) 2724
- [9] 甲斐昌一 : 形態形成の科学的研究 文部省科研費補助金総合研究A 第30研究集会報告書
- [10] C. Y. Wong : Phys. Lett. **61B** (1976) 321
- [11] T. M. Corrigan, F. J. Margetan, and S. A. Williams : Phys. Rev. **C14** (1976) 2279
- [12] N. J. Holter and W. R. Glasscock : J. Acoust. Soc. Am. **24** (1952) 682
- [13] N. Tokugawa, R. Takaki : Proc. KIT Workshop, 1991, ed. S. Kai (World Scientific, 1992) 211
- [14] R. Takaki, N. Yoshiyasu, and K. Adachi : Forma, **7** (1992) 47
- [15] 徳川直子, 高木隆司 : 信学技報 TECHNICAL REPORT OF IEICE. NLP93-9 (1993-05)

結晶の形態形成

龍谷大学理工学部

小林 亮

1. はじめに

結晶とは原子や分子が周期性を持って規則正しく配列してできた固体である。そして、それは現代の私達の生活になくてはならないものである。水晶振動子は正確な時を私達に教えてくれるし、シリコン結晶がこの世から突然なくなったら、いったいどうなってしまうのか見当もつかない。そういう意味で結晶は工学的に非常に重要な研究対象であり、良質の結晶を作るための高度な技術が開発されている。しかし、誰しも子供の頃、初めて何かの結晶を目にしたときに覚えた素朴な疑問は、「どうして、こんな形ができたの?」というものだったのではないだろうか。以下では、この素朴な疑問について考えてみたい。すなわち、結晶というものを、自発的に「形」を作り出すことのできるシステムとしてとらえてみることにしよう。

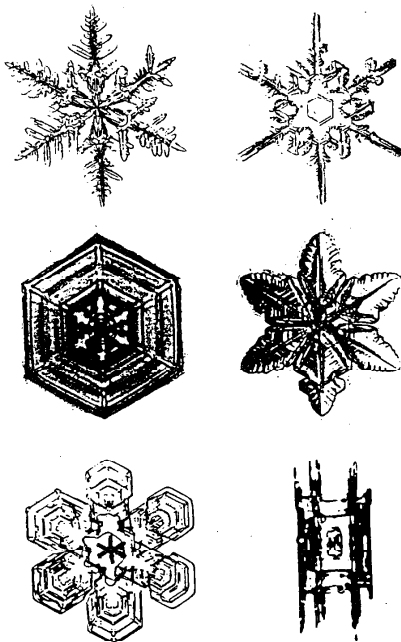


図1 様々な雪結晶。(〔6〕より転載)

図1は実際に観察される多様な雪結晶の中から数例をあげたものである。このような形がはるか高い空の上で作られるのはなぜなのだろうか。雲の上に小さな芸術家が住んでいて下界の住人を感動させてやれ、とでも思っているのだろうか。そう考えたくなるほど、雪の結晶は複雑で多様な形をしている。しかし、現実に雪の結晶が作られる上空の環境がそんなに複雑であるとは思えない。雪は、ほとんど一様な空気の中で、拡散してきた水分子が小さな核のまわりに付着していくという過程を経て作られるのであろう。だとすれば、このような一見単純に見える成長過程の中にこそ、複雑性と多様性を生み出すメカニズムが隠されているのだと考えなくてはならない。雪以

外にも、このような樹枝状の複雑な形をした結晶は様々なところで観察される（図2-図4）。これらは同じ樹枝状の結晶とはいっても形はいろいろである。また、一般に結晶と聞いて思い浮かぶのは、ダイヤモンドや水晶のようにきれいな多面体の形をした結晶であろう（図5）。以下では、このように多様な結晶の「巨視的な形」がどのようにしてできるのかを考えてみよう。

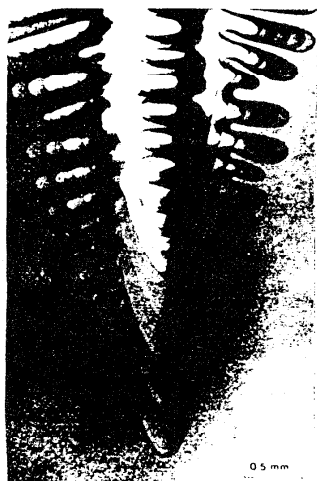


図2 サクシニトリルの過冷却凝固による(100)方向への結晶成長。異なる時刻でのスナップショットを重ね合わせてある。
([7]より転載)

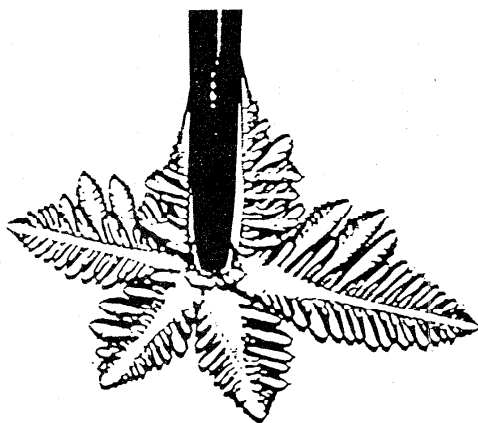


図3 過冷水中での結晶成長。同じ水分子からなる結晶でもこれは融液成長なので形が雪とは異なっている。（古川義純氏提供）

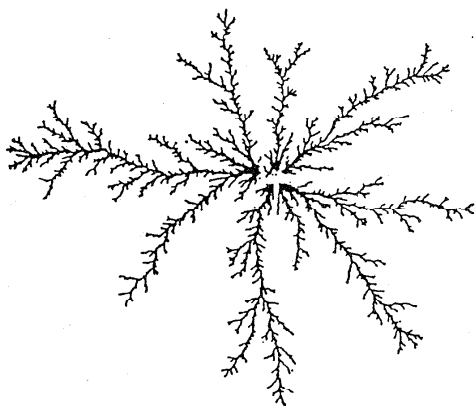


図4 硫酸亜鉛水溶液とn-酢酸ブチルとの界面での電析によって成長した亜鉛金属葉。
([8]より転載)

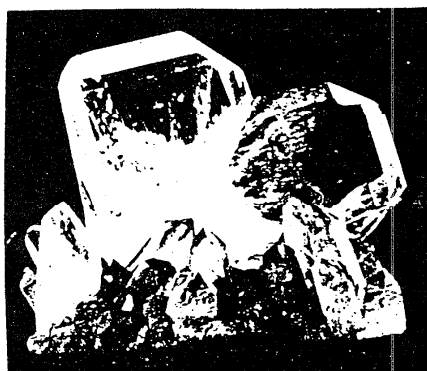


図5 水晶の多面体結晶。（砂川一郎氏提供）

2. 結晶の成長形

結晶の形には平衡形と成長形の2通りがある。平衡形とは結晶相と環境相とが熱力学的に平衡に到達したという条件下で結晶がとる形である。その形は一定体積の結晶が表面エネルギーを最小にするという条件から定まり、表面エネルギー密度に異方性が存在しなければ液滴のように球形になり、ある程度以上の強さの異方性が存在する場合には多面体となるだろう。これは、数学的には変分問題の一種であり、これを解くことにより平衡形が定まるというしくみである。しかるに、巨視的な結晶においては平衡形に到達するには非常に長い時間を要し、系を相当時間平衡状態に保つことは実際上困難である。それゆえ、我々が目にする巨視的な結晶は平衡形ではなく、もう一方の成長形であると考えてよい。成長形というのは、読んで字のごとく結晶が成長する過程において形成される形のことである。

すべての巨視的な結晶が成長形であるということは、結晶の形を理解するということは、結晶成長の過程そのものを理解することにほかならない、という重要な事実を意味している。言い替えれば、結晶の形の問題には本質的に「時間」が含まれていて、変分問題を解いてハイおしまいという具合には決していかないということである。

さて、結晶が成長すると一口にいっても、その過程には様々な種類がある。例えば雪などの成長では、雪結晶に取り込まれるべき水分子は周囲の空気中では水蒸気になっている。このように環境相において結晶に取り込まれるべき分子が蒸気として存在しているような成長様式を気相成長という。また、過飽和溶液の中で溶質分子が析出するというかたちで起こる結晶成長は溶液成長と呼ばれる。これらの気相成長と溶液成長は、環境相が気体であるのと液体であるのという違いはあるが、結晶に取り込まれるべき分子が環境相の中で希薄に分布しているという点で似かよった成長様式である（溶液成長では環境相のほとんどは溶媒分子でしめられており、溶質分子は希薄であることに注意）。それに対し、水が凍って氷になるとか、高温で融けていた金属が冷却とともに固体になるといった場合を考えてみよう。これらはいわゆる凝固といわれる現象であるが、融液中での結晶成長ということで融液成長とも呼ばれる。融液成長においては、環境相には結晶に取り込まれるべき分子が結晶相とほぼ同じ密度で存在しており、環境相は濃厚である。

いずれの様式をとるにせよ、結晶が成長するというからには、そこには何か成長を起こすための駆動力があるはずである。それは、気相成長においては蒸気の過飽和度であり、溶液成長においては溶質の過飽和度であり、融液成長においては過冷度である。そして、結晶が成長するためには、過飽和や過冷といった熱力学的な駆動力が、ある程度継続的に結晶に供給されることが必要なのである。

3. 多面体結晶と非多面体結晶

気相成長や溶液成長によって得られる結晶は、平らな結晶面で囲まれた多面体であることが多い。結晶面の構造というものはその方向に依存するが、多面体結晶はある特別な方向を持つ特異面と呼ばれる面で囲まれている。特異面とは簡単にいうと、分子が密につままっていて結晶分子が取り込まれにくい、すなわち成長速度のとりわけ小さい面である。もし成長速度の小さい面と、成長速度の大きい面で囲まれた結晶があったなら、成長とともに成長速度の大きい面は消えて、結晶は成長速度の小さい結晶面で囲まれるようになる。このことは、結晶が多面体の形を保って成長することを前提とする限り正しい。しかし、結晶成長の駆動力である過飽和度は、角や稜の付近の方が面の中央よりも大きいのが普通である（ベルグ効果）。とすれば、結晶面に沿って成長の駆動力が一樣でない以上、結晶がフラットな面を保って成長するには何か理由がなければならない。このことを理解するために、希薄環境相のもとでの結晶成長がどのようなプロセスで起こるのかを図6に示そう。まず、結晶面に入射した分子はしばらく結晶面上をさまよった後ステップの部分に取り込まれ、それによってステップが面に沿って移動する。そしてステップが結晶面をスweepすることにより結晶面が分子一層分前進するわけだが、もちろん1回スweepしたら終わりというのでは結晶は成長できないので、継続的にステップを供給するために2次元核生成やらせん転位といったメカニズムが必要である。このようにステップの供給とステップの面に沿った動きによって起こる成長は沿面成長と呼ばれている。沿面成長では、あまり過飽和度が大きくない限り、ステップ間隔の不均一な分布が、結晶面に沿った過飽和度の不均一をキャンセルして、結晶面の成長速度が面全体で一樣になるようにしようとする（図7）。これによって、非一樣な過飽和度

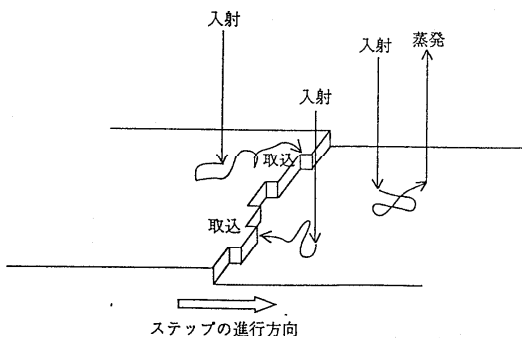


図6 特異面上に入射した分子は表面拡散をした後、一部はステップのキンク位置に取り込まれ、一部は表面から離脱する。

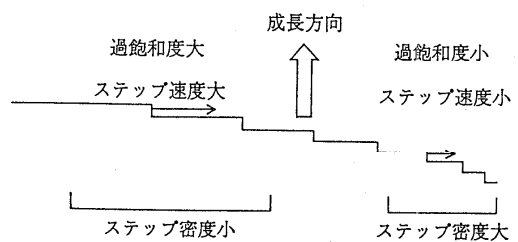


図7 過飽和度の小さい場所では、大きい場所に比べ、ステップの進行速度が小さくステップがたてこんでおり、それゆえ分子の取込み効率が良い。図では段差を強調して描いてあるが、実際には結晶面はほとんどフラットである。

の場の中においても、多面体結晶が安定に成長しうるのである。

それに対して、図2、図3や金属の凝固に見られるように、融液成長で得られる結晶は、平面でなく曲面によって囲まれたものが一般的である。融液成長では多くの場合、固液界面が分子レベルでは荒れていて、環境相から結晶面上に到達した分子がその場でただちに結晶相に取り込まれるという形で成長が起こる。このような成長は付着成長と呼ばれている。付着成長では、結晶形が直接に拡散場の形に影響されるので、結晶面は平面でなく曲面になるのである。

4. 結晶形状の複雑化

図1-4にみられるように、結晶は様々な複雑な形をとりうる。では、なぜこのように複雑な形が自発的に生じてくるのだろうか。これらの結晶は、大きな表面エネルギー不利を負っていることは確かである。にもかかわらず、このような結晶形状が現実に観察されるということは、そこに結晶の形状を複雑化させる何らかの要因が存在していると考えねばならない。実はその要因とは、結晶をとりまく「拡散場」なのである。

このことを直観的に理解するための最もよい方法は、自分でDLA (Diffusion Limited Aggregation) のプログラムを作って走らせてみることである。DLAを作る方法は例えば次のようなものである。2次元の正方格子を多数の粒子がランダムウォークしているとする。そして初めは中心にある1つのセルだけが結晶化しているとして、粒子がそのセルに隣接するセルにやってきたら、そこでその粒子は結晶に取り込まれることにする。取り込まれたら、その分新しく1つ粒子を周辺部から適当に補給してやる。以下同様にして、すでに結晶化しているセルに隣接する位置までやってきた粒子は結晶に取り込まれ、その分を周辺から補給するということを繰り返して計算を進める。これは「結晶に取り込まれるべき分子が拡散により環境相を移動し、結晶面に付着することにより結晶成長が起こる」ということを、文字通りすなおにシミュレートしたものである。

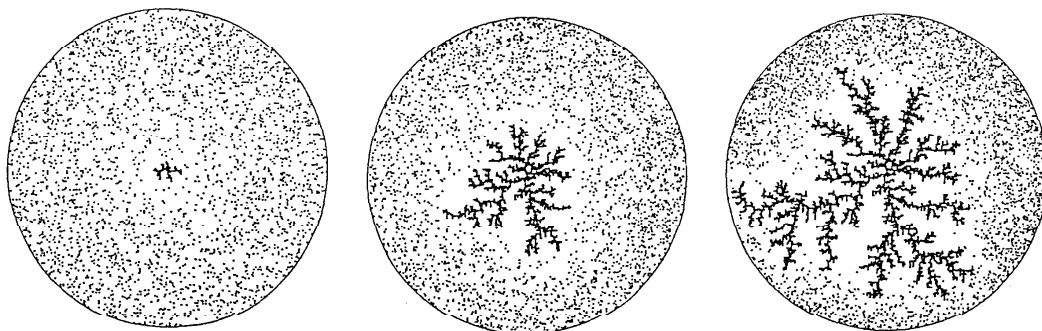
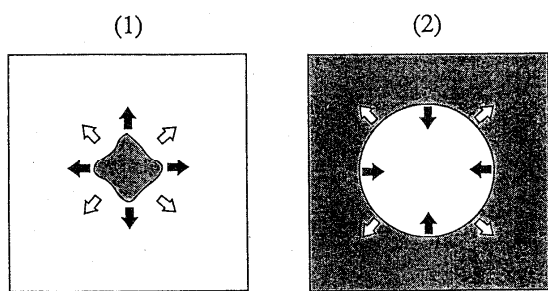


図8 2次元正方格子上のランダムウォークによるDLAパターン。遮蔽効果により、枝の先端部のまわりの粒子密度の方が付け根部あたりの粒子密度より高いのが見てとれる。

図8はこのようにしてつくったDLAの成長過程を示したものであるが、結晶のまわりの粒子の分布に着目していただきたい。ひとたび結晶に枝が生じると、枝と枝の間のスペースに粒子が侵入してきてそのスペースを埋めるように付着する粒子よりは、途中で枝の先端部に遮られてそこに付着してしまう粒子の方がはるかに多くなるのである。このことは、いったん生じた枝は消えるよりも、さらに成長していく傾向をもつことを意味している。この遮蔽効果が、結晶の形態を複雑化させ樹枝状結晶を作り出す原動力となっているのである。ここでの粒子のランダムウォークは、環境相における拡散場の荒い描写であると思えばよい。すなわち、気相成長や溶液成長では蒸気や溶質分子の拡散に、融液成長では熱拡散に対応している。いずれの場合も、過飽和や過冷という「成長の素」が環境相から拡散によって結晶成長の現場である結晶面に供給されるという成長様式であり、このような状況下では樹枝状の結晶が生じうるわけである。

実際の結晶の中では、図4に見られるものがDLAに非常に近い形をしているが、他の樹枝状結晶では形そのものはDLAには似ていない。それはDLAでは拡散場以外の要因が何もないからで、現実の結晶を考えると、当然他の要因も考慮しなければならない。しかし、いずれの場合においても結晶形状の複雑化の原動力はDLAが示すものと同じである。気相成長や溶液成長では、常にDLAと同様に環境相から過飽和が与えられるという様式で成長が起こるが、前章に述べたようにあまり過飽和度が大きくなければ多面体を保ったまま結晶は成長する。ただし、過飽和度がある臨界値を越えると、もはやフラットな結晶面は維持されえず、角や稜から枝が出るように不安定化が起こる。これが雪などの樹枝状結晶の成因である[9]。

それに対し、融液成長の場合には大別して2通りの成長モードがある(図9)。一方はDLAと同様の図式に従う場合で、過冷融液中で結晶が成長していくモードであり、



■ は結晶相を □ は液相を表している。
 → は界面の成長方向を ⇨ は熱流の方向を表している。

図9 (1)では界面で発生した潜熱は環境相を通して除去され、(2)では結晶相を通して除去される。(1)では界面形状は不安定化するが、(2)では安定化する。

この場合には図2や図3に見られるような樹枝状結晶が得られる。もう一方は例えば冷蔵庫の製氷皿で氷を作るときのように、環境相でなく結晶相を通して熱がうばわれるというケースであり、このような場合には決して界面形状の複雑化は起こらないのである。実際、冷蔵庫から製氷途中の氷を取り出してみると中にきれいな丸い穴があいていた、という経験はお持ちであろう。

5. 融液成長のモデリングとシミュレーション

最後に、純物質の融液成長における結晶成長のモデルを紹介しておこう。純物質の融液成長において成長速度を律する要因は、界面における過冷度と表面張力と異方性であると考えられる。前章で述べたように、過冷却された融液の中で起こる結晶成長においては、温度場は結晶形状を不安定化する方向に働く。もしこの要因のみが働くならば、結晶形状はどんどん複雑化し非常に細かい構造が作られることになるだろう。しかし実際には表面張力が存在するので、あまり細かい構造の形成は抑制される。これら2つは結晶形状の複雑化と安定化をもたらす最も重要なファクターであるが、これらだけでは現実の結晶の形を再現することはできない。さらに結晶の異方性を考慮しなければならないのである。

ここで、これらを考慮に入れた次のようなモデルを考える。

$$\tau \frac{\partial p}{\partial t} = \varepsilon^2 \nabla^2 p + p(1-p) \left(p - \frac{1}{2} + m(T, -\nabla p) \right)$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \nabla^2 T + \frac{\partial p}{\partial t}$$

ただし

$$m(T, \mathbf{v}) = -\frac{\alpha}{\pi} \text{Tan}^{-1}(\gamma \sigma(\mathbf{v}) T), \quad \sigma(\mathbf{v}) = 1 - \delta \left(1 - \frac{|\mathbf{v}|_4^4}{|\mathbf{v}|_2^4} \right)$$

このモデルはフェーズフィールドモデルと呼ばれるモデルの一種である。フェーズフィールドモデルの最大の特徴は、秩序変数の場 $p(\mathbf{r}, t)$ を考え（ $p=0$ が液相を、 $p=1$ が固相を表す）、固液界面を $p(\mathbf{r}, t)$ の作る非常に狭い内部遷移層によって表現することである。第1の式は界面の運動方程式であり、cubicな異方性が $\sigma(\mathbf{v})$ によって与えられている。第2の式は凝固による潜熱の発生を考慮に入れた温度場 $T(\mathbf{r}, t)$ の方程式である。ここでは、これらの方程式系について詳しく解説するゆとりはないが、興味をお持ちの方は参考文献[10][11]等を参照されたい。この方程式系の空間3次元の数値シミュレーションを紹介しよう。特に、ここでは成長速度の異方性というものが、いかに結晶形に強く影響を与えるかということを通して見ていただきたい。図10は、断熱条件下での過冷却凝固による単結晶の成長をシミュレートした結果得られた結晶形である。異方性が全くない(1)や非常に弱い(2)では、珊瑚のような形の結晶が得られる。異方性がある程度以上強い(3)(4)(5)では樹枝状の結晶が育つが、その側枝の構造が強く異方性強度に依存しているのがわかるだろう。

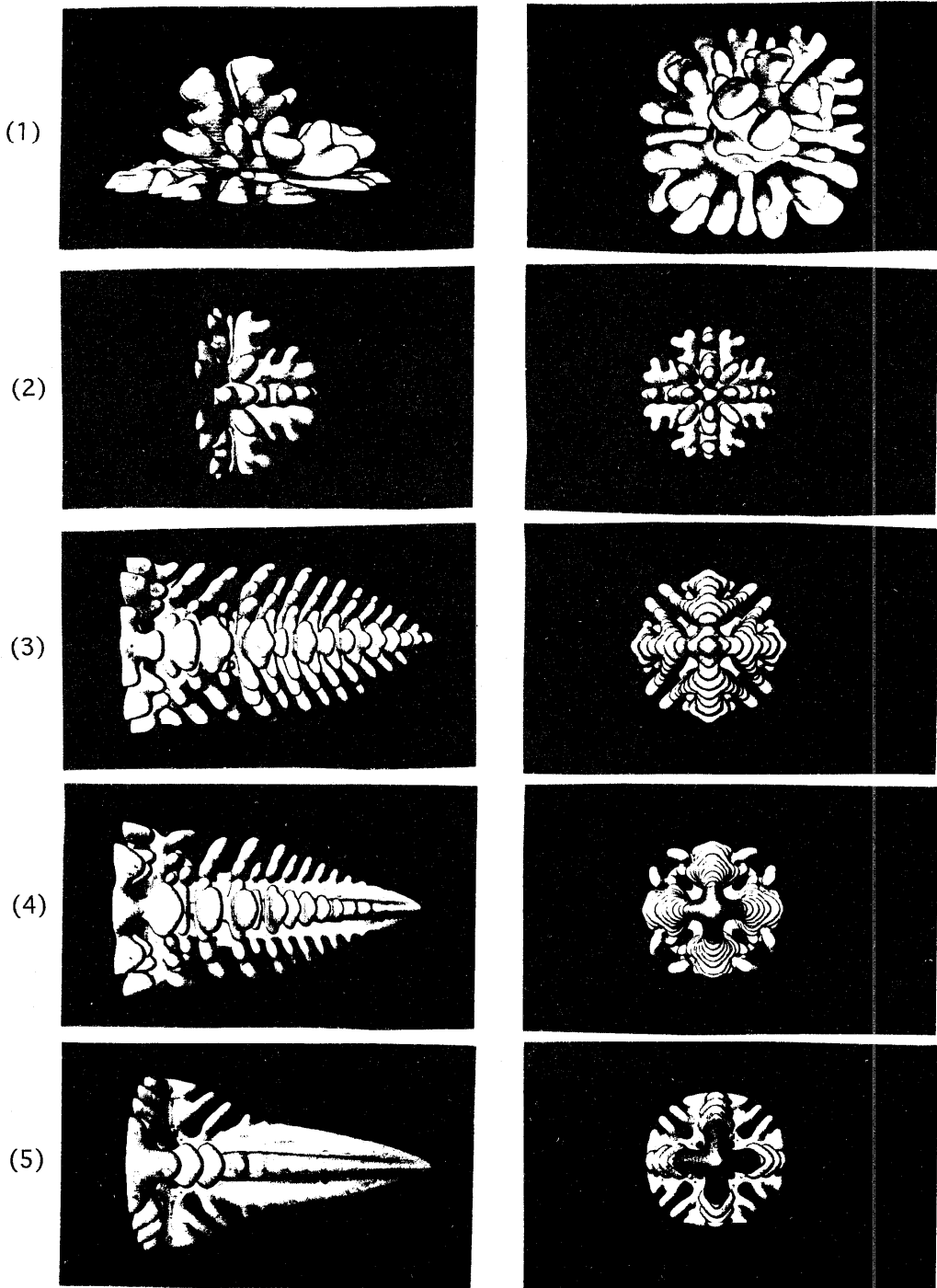


図10 3次元の結晶成長シミュレーション。(1)-(5)の各計算では、異方性強度がコントロールパラメータであり、他のすべてのパラメータは等しくとってある。(1)では異方性は0であり(2)から(5)にかけて異方性が強まっている。

6. おわりに

身のまわりを見渡してみると、自然界には様々な「形」が満ち溢れていることがわかる。自然は、私達のまわりが退屈な形で埋め尽くされてしまわないように、複雑で多様な形を創り出すしかけをいくつもいくつも用意してくれているようだ。ここで紹介した結晶の話も、そのようなしかけの一つにチャレンジしたものである。はじめに述べたように「どうして、そんな形ができたの?」という素朴な疑問を持ち続ける心さえあれば、自然は私達にいくらでもおもしろい問題を与えてくれるのである。

参考文献

- [1] "結晶は生きている", 黒田登志雄, サイエンス社 (1984)
- [2] "結晶成長", 大川章哉, 裳華房 (1977)
- [3] "金属の凝固", B.Chalmers (岡本, 鈴木訳), 丸善 (1971)
- [4] J.S.Langer, *Rev. Mod. Phys.* **52** (1980), 1
- [5] "Dynamics of Curved Fronts", ed. P.Pelce, Academic Press (1988)
- [6] "冬のエフェメラル", 小林禎作, 北海道大学図書刊行会 (1983)
- [7] S.-C.Huang and M.E.Glicksman, *Acta Metallurgica* **29** (1981), 717
- [8] M.Matushita, M.Sano, Y.Hayakawa, H.Honjo and Y.Sawada, *Phys. Rev. Lett.* **53** (1984), 286
- [9] E.Yokoyama and T.Kuroda, *Phys. Rev.* **A41** (1990), 2038
- [10] R.Kobayashi, "Pattern Formation in Complex Dissipative Systems", ed.S.Kai, World Sci. Publ. (1992), 121
- [11] R.Kobayashi, *Physica* **D63** (1993), 410

1. はじめに

自然界には様々なパターンがある。例えば、朝のみそ汁の中を除くと、対流によって奇妙な模様をみた経験をもつ読者も多いことと思う。そのほか、空を見上げるとみられる波状の雲の列や、砂丘や砂浜に行くともみられるストライプ状の砂の凹凸パターンなどはしばしば出会う例である。そして、これらは風や波のわずかな変動で次々と異なった模様が変わって行く。また、すこし変わったところでは、硫酸銅の水溶液の液滴を皿に置いておくと、たくさんの結晶の集合体が規則正しいパターンをつくるのに出くわすことがある。そのほか、貝殻に見られるパターン、岩石のなかの模様、草の葉の形、葉脈の模様など数え切れないほどのパターンが日常生活で目につく。それらは周期的で簡単なパターンであったり、非常に複雑なパターンであったりする。これらのパターンはどのようにしてつくられ、あるいはどのようにして記述されるのであろうか。なにかそこには原則があるのだろうか。

このような複雑な現象の代表例がこれから述べる液晶や対流システム、化学反応システムなどに見られるパターン形成の問題である。これらは非平衡非線形現象で、とくに複合散逸システムと呼ばれる。ソリトンやディスクリネーション、磁壁など特異点・線(面)の局所的な構造(局在パターン)の問題も典型的な複雑システムであり、パターン形成と密接にからみ、問題を複雑化している。これは、大きな自由度をもったシステムにのみ現れる特有の問題で、少数の自由度のみのシステムには見られない高次構造(ソリトン、欠陥、渦など)を出現させ、それらの相互作用による周期構造、といった複雑な階層構造もたらす(図1)。これらの複雑性は、本来、現在の計算機の能力の枠内に入るようなものではなく、本質を理解するためにはいくつかの思考ステップが必要である。計算機で計算できたり、シミュレーションで再現されると、見ているものはいついつい理解できたつもりになって、深い考察をおろそかにしてしまう。しかし、必ずしも、それが物の本質(物理)を理解していることにはならないことに注意すべきであろう。

2. 情報の縮約

現在のパターン形成の数理的な取り扱い、縮約による方程式、たとえば振幅方程式やその更なる縮約形としての位相方程式によってパターンを理解しようとしている。これは、一つの正統的なアプローチであり、ほとんどこの観点からの理論的仕事を中心である。例えば、流体力学分野では、振幅方程式は1969年のニューエル・ホワイトヘッド方程式、スチュワートソン・スチュワート方程式に始まり、近年、さらに大きく発展しつつある。

図1：液晶対流に見られる欠陥格子：欠陥は特異点なので、欠陥を粒子と考えると、粒子が格子状に並んだ結晶とみなすことができる。ただ、欠陥格子の場合には隣り合った粒子は互いに振動し、定常的に離合を繰り返している。欠陥が背景のストライプ状周期構造から切り離して記述できれば、各々の欠陥を単に符号が周期変化するクーロン粒子として考えることができる。欠陥のまわりには渦が生じているが、隣り合った渦が接近したり離れたりすることは、交流電流が流れる二線（各々に渦状の磁束が生じる）でのビオ・サバルの電磁力に類似している（対流の発生機構は図6の説明を参照）。

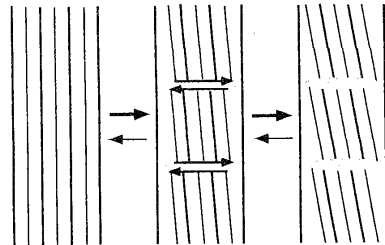
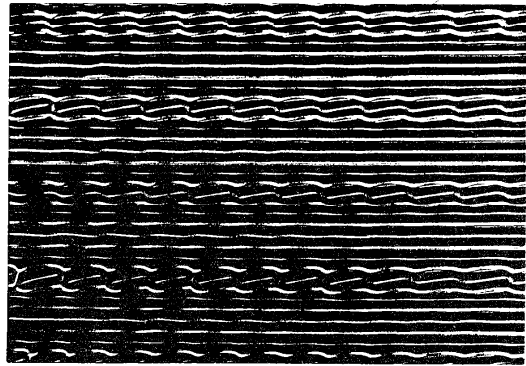
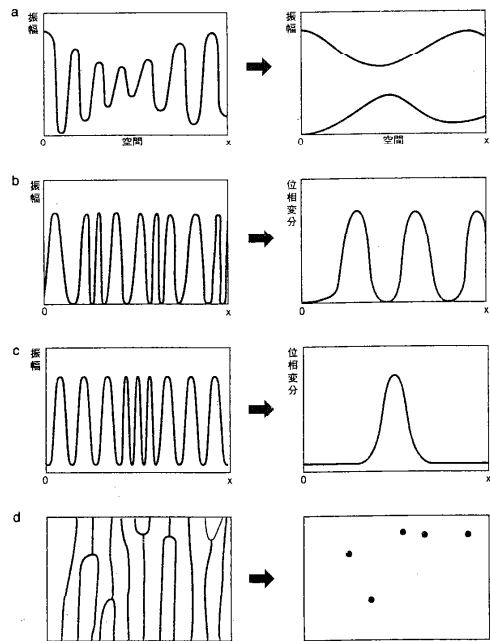


図2：縮約の一例：上から振幅力学（速い変動の消去）、位相力学（振幅一定）、欠陥力学。右の図は、各々空間的にスケールの小さい速い変動を消し去って、重要となったゆっくりとした包絡線、あるいは特異点のみを取り出したものである。



さて、この縮約とは具体的にはどのような取り扱いであろうか。模式図を図2に示した。これは、空間的や時間的に細かい変動は消し去って、注目しようとするスケールの現象や対象のみを取りだして、その運動や状態を記述しようとする操作である。ただし、このさいにゆっくりとした変動は細かい変動からの影響を必ずうけているので、細かい変動を単に無視すると正しい記述とはならない。そこで細かい変動をゆっくりした変動から切り離して計算し、その効果をゆっくりした変動のダイナミックスを記述する方程式の係数に結び付けるわけである(図3)。この操作を行うためには、システムがマイクロなスケールからマクロなスケールまでの間に異なった特性長からなる階層性をもっていないと難しい。この階層性とは、あるシステムに、特徴的な短かい長さや時間のスケールの中で成り立つ現象と、それとは別に大きく離れたスケールで成り立つ現象があるというように、複数のスケールの異なった現象が積み重なった性質をいう。階層性が無限に続けば特徴的なスケールがなくなり、自己相似的あるいはフラクタル的であるという。したがって、縮約は単に体系をおおまかに見ようというものではない。正しい縮約をするためには、現象の物理メカニズムを深く理解しておく必要があり、何が大切で、何が不必要かを知らうえで行うことが大切である。

3. 相転移とパターン

鉄が磁石にくっつく性質を強磁性という。温度を上げると常磁性に変わり、磁石にくっつかなくなる。これを磁気相転移という。また、気体を冷やすと液体になり、これは気体-液体相転移と呼ばれる。これらよく知られた平衡システムでの相転移である。このような相転移という概念とパターン形成は深く関連した問題である。しかし、ここで対象の非平衡開放(散逸)システムの相転移現象は大きく二つに分けられる。一つは時間秩序(時間パターン)、すなわち振動の発現を伴う相転移、もう一つは空間パターンを形成する相転移である。とりわけ時間秩序(振動)形成は平衡システムには現れず、非平衡散逸システムを特徴づける重要なパラメーターである。一方、空間パターンの発生は必ずしも散逸システム独特の現象ではない。

平衡システムの相転移には二次(上の例では:磁気相転移)と一次(通常気体-液体転移)の二種がある。二次転移では、全システムは本質的に均一と考えることができ、格別パターンは生じない。これに対して、一次の相転移では、準安定から安定への不連続遷移で、秩序パラメーター(例えば、安定相の体積分率)の不均一性が空間的に生じ、パターンを形成する。これは、新しい相の核生成や新しい安定相と不安定な古い相の濃度分布の波動の発生(スピノダル分解)として知られている。ここでも、相界面の厚さがバルクよりも十分小さいものとして、本体内部からの寄与を全て界面に持って来ることができ、これも一つの縮約法である。

一方の非平衡散逸システムの相転移をもっと身近な例を使って概念的に述べよう。いま図4のように、スピーカのつながったオーディオアンプとマイクのシステムを考える。スピーカーもマイクもある鋭い共振特性をもつものとする。スピーカーとマイクの間隔を一定にし、アンプのボリュームつまみを次第に上げていくと、周囲の微弱な雑音を正帰還によって増幅し、ハウリング(発振)を起こし始める。これを分岐現象(一種の相転移)といい、静的な均一状態から時間的不均一

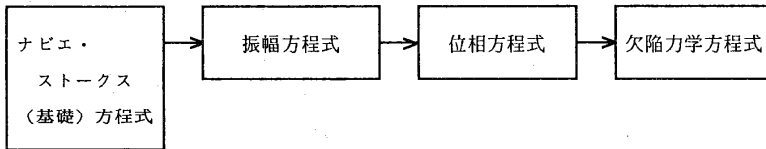


図3：非線形で多自由度の基礎方程式を興味あるスケールのみを対象とした方程式に変換していく。ここでは基礎方程式の例として、ナビエ・ストークス方程式をあげているが、このナビエ・ストークス方程式も、実はよりマイクロな階層、ニュートン方程式、ボルツマン方程式からの縮約方程式である。

図4：非線形発振システム：マイクとスピーカーを向い合わせて、アンプのボリュームを上げると、発振（ハウリング）を生じる。このエレメントにタイマー、 t_1 、 t_2 をセットする。このタイマーの存在は強い非線形の存在を意味する。

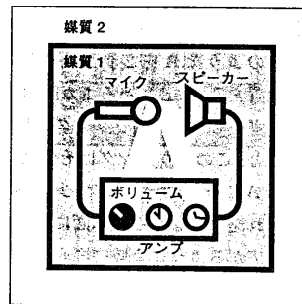
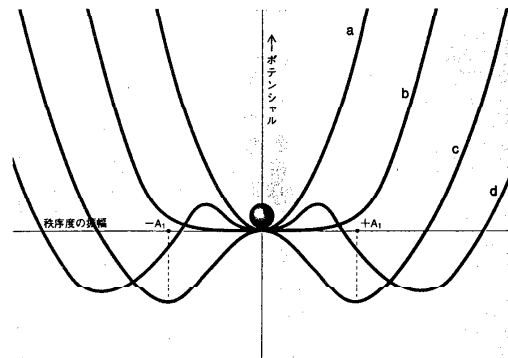


図5：ポテンシャル曲線： $a \rightarrow b \rightarrow c$ のポテンシャル変化は外力（温度や電界）を変えると実現される。bはちょうどしきい値のところに相当。このようなポテンシャル変化は二次の相転移、あるいはスーパークリティカル分岐である。dはヒステリシスを示し、一次の相転移、あるいはサブクリティカル分岐にあたる。



状態、つまりこの増幅システムのもつ特性周波数で発振（リズム化）する。このとき、ボリュームをあげるという操作は、平衡システムで見られる磁気転移などで温度を下げることに相当し、増幅器の増幅度は帯磁率や比熱、誘電率などの感受率に相当する。また、発振強度（振幅）は磁気転移では自発磁化の大きさにあたる。ちなみにボリュームを一定にし、マイクとスピーカーの間の距離を近づけても、ある距離で同じように発振が始まる。これは、磁気転移や気体-液体転移などで原子（分子）間距離を変えること、すなわち圧力を変えることに相当する。圧力を変えても相転移が起こることはご存じのとうりである。ただし、平衡システムの相転移は平衡統計力学があり、解明のための頼れる武器があるが、アナロジーが使えても非平衡システムにはまだそのような武器がないことをお断りしておく。

4. 分岐現象と液晶に見られるパターン

このようにパターンの形成は不安定性、分岐現象に結び付いている。ポテンシャルの存在するシステムであれば、縮約によって一般に新しいポテンシャルが導ける。いま図5に示すようなポテンシャル曲線を考えよう。横軸はパターンを構成する秩序の大きさ（振幅：一般にこれを秩序度と呼ぶ。上のアンプの例では発振強度になる）を表す。 $A=0$ にボールを置いたとする。このボールは、(a)では極値の $A=0$ に安定に留まり、このとき秩序はなく、パターンは発生しない。(c)では、ボールは、 $A=\pm A1$ で極小（谷）となるので、落ちていってそこに留まる。振幅が有限の値で最も安定であるから、(c)の場合には、パターン（あるいはリズム）が観測される。この変化は、ある外部パラメータを変えることによって起こり、相転移あるいは分岐現象と呼ばれる。このポテンシャルに従うダイナミックスはTDGL方程式で表される。

このように、有限のトリガーが必要か（図5 d）、あるいは無限小のトリガー（図5 c）でパターンが成長するかはポテンシャルの形による。空間構造のないリズムの発生現象はこのようなポテンシャルの振る舞いで説明できるが、リズムではなく空間自由度が本質である空間パターンの場合には、すこし複雑である。図5 cの場合のように単純に極小値へは行ってくれない、途中で乗り換えが起こる。これをパターン選択という。

よく知られた、水の層を下から温めると発生する熱対流（レーリー・ベナール対流）は非平衡散逸システムに見られるその典型例である。同じ様な対流が液晶でも見られる。液晶では、温度を電界に変えると対流を起こすことができ、電気流体力学的不安定性と呼ばれる（図6）。温度の代わりに電界でコントロールされるため、高速で伝わり、簡便で実験がしやすく、精度がよいなどパターンやリズムの研究を行うにあたって利点が多い。現在、液晶は時計などの表示として使われているが、1960年代末の液晶表示はこの電気流体力学的不安定性を使っていた。それは、電界を印加すると発生したパターンが光を強く散乱するのを利用したものだったが、ここで述べるような各種のパターンが内部に現れているなどは、当時の研究者は全く思いもつかなかった。

この不安定現象では、電界を増すとともに、次々と流れのパターンが移り変わり、最終的には十分発達した乱流が発生する。これを逐次遷移と呼び、図のポテンシャルの解に逐次分岐が起こるこ

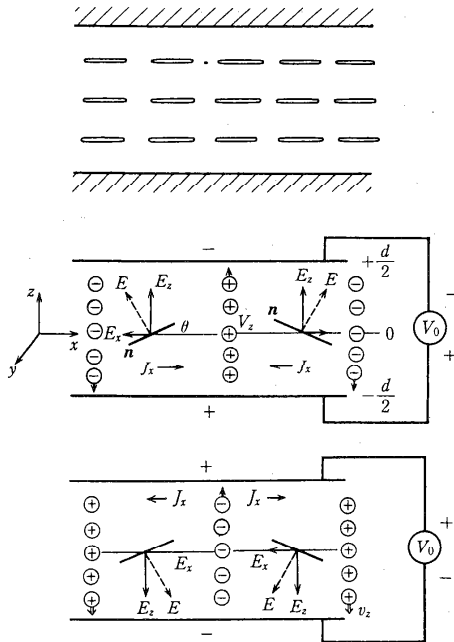


図6：電気流体力学的不安定性：100 μm 程度の膜厚のガラス容器を用意する。このガラス表面には酸化第二錫の透明電極が蒸着されている。この中に負の誘電異方性をもつネマチック液晶を封入する。この液晶を配向させるために、あらかじめ電極表面を綿で一方向にこすると、その方向（ x ）に液晶のディレクターは平行に並ぶ。このディレクターは平均的な分子の配向方向を示す単位ベクトルで、図では n で表わしている。電界を零から次第に増加させると、低い電界では全てのゆらぎは緩和時間が負ですみやかに緩和していたものが、ある値になると、膜厚程度の波長 $1/qc$ をもったゆらぎの緩和時間が正となって成長するようになる。この機構は次のように説明される。いま、しきい値の少し上で qc の変形のゆらぎが生じたとしよう。液晶の導電異方性は正で、空間電荷はディレクターに沿ってより多く流れ（ J_x ）、図のような周期空間電荷分布を形成する。この電荷によって x 方向に電界 E_x が発生し、合成電界 $E = E_x + E_z$ が形成される。ディレクターは、負の誘電異方性のためこの合成電界に垂直になると、静電エネルギーが最小になる。この結果、生じた傾きを緩和させずに維持しようとする。同じ効果が、蓄積電荷が各電極に引き寄せられるためによって生じる液晶の対流 v_z によって起こる。この両者の効果によって恒常的な対流パターンが成長する。これを最初の提案者の名前をとってカー・ヘルフリッヒ効果と呼ぶ。この機構によって最初にストライプ状のウィリアムズドメインと呼ばれる対流パターンが形成される。

とによって生じるとして説明される。したがって、分岐のたびに、縮約が可能で、多様な分岐は多様な物理を生み出すことになる。(しかし、対流構造はレーリーベナール対流と異なり、液晶の配向異方性による対称性の相違がある。この意味では、電気流体力学的不安定性のポテンシャルには普通の流体とは違いがあり、若干分岐やパターン形成過程が異なる。ここではそのような違いをあまり強調しないで、話を進めよう。)

いま、対流発生源近傍を考え、周期 q_0 の空間パターンが最初に発生するものとしよう。空間パターンの波数を横軸に、その成長率を縦軸にとる(図7)。図7の a は図5 a に相当し、いずれの空間波長の成長率も負であり、パターンは生じない。 b は q_0 のみ成長率が0となり、 q_0 のゆらぎは緩和することなく、生き残る。これを q_0 に対する中立安定状態と呼ぶ。一方、 c (図5 c に相当) では q_a から q_b までの構造が正の成長率を持ち、バンドとして成長可能である。 q_{cb} が線形(微小振幅)で得られる最も速く成長する波長である。しかし、それはあくまでも線形での話で、例えば q_{cb} が成長し始めると、線形はただちに破れ非線形問題となり、線形解析で得られた図7 c はもはや正当ではない。そして異なった波長モードが最大の成長をするようになる。これが前に述べた”乗り換え”であり、パターン選択と呼ばれる。非線形解析によると、この際に、単純なパターン選択と二次不安定性を起こす場合とがある。つまり、成長が始まるとそれ自身が自分の最適パターンを最適の方法で決めるようになる。二次不安定を経る方が最適であれば、新しいモードの不安定を伴って新しいパターンを選ぶ。このような不安定は、エクハス、ジグザグ、クロスロール、スキューバリコースなどと呼ばれる(図8)。こうして、バンド状の成長パターンモードの中から最終の安定パターン q_f が選ばれる。一例として、図8の A から q_f にパターンが選択されていく様子を示した。途中でエクハス線を横切るので、非線形二次不安定性を起こして、最終安定パターン q_f に到達する。ジグザグやエクハスは空間的に長い波長のモードである。こうして、ここでも縮約法が使え、特徴的なダイナミクスは、縮約振幅・位相方程式で記述される。

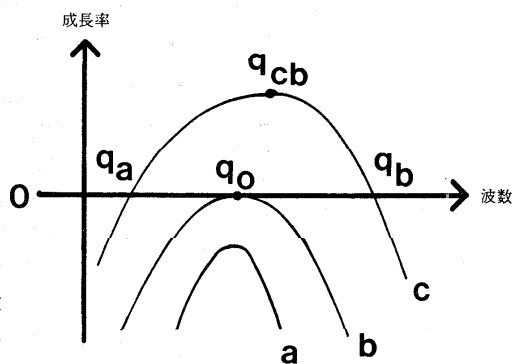


図7：分散関係：各ポテンシャル条件下で得られるモードの成長率。成長率が正ならばその周期のパターンは成長することができる。cでは q_a から q_b までの波数が成長できるにもかかわらず、最終的にはたった一つのパターンが選ばれる。

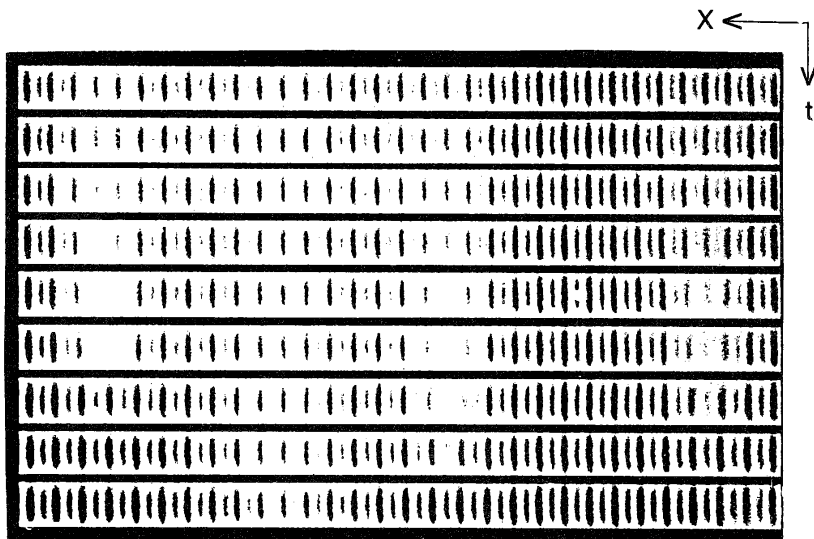
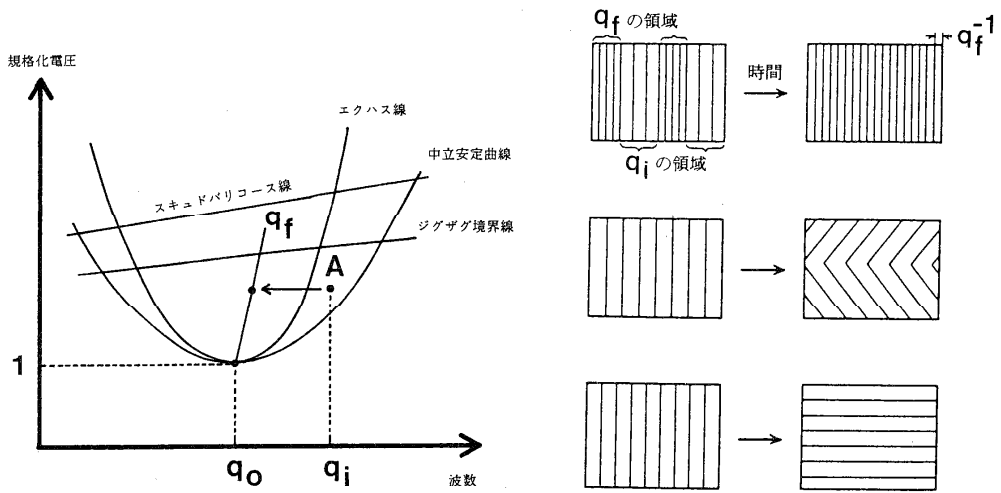


図8：中立安定曲線とエクハス不安定：液晶の対流発生点近傍で、どのような非線形不安定がどのような領域で現れるかプロットしたものである。各線を横切るときに、その不安定が生じる。
 (右図) 各不安定性の概念図。上からエクハス(波長が短くなる例)、ジグザグ、クロスロール。
 (下図) 一次元のエクハス不安定性の発生：非常に細長い電極をもったガラスセルに液晶を封入し、対流を起こさせ、上の相図Aから最終安定波数 q_f (波長が長くなる例)に緩和する過程を示す。対流セルの厚さと巾はほぼ等しいので一次元システムとみなせる。この例で見られるようにロールがある間隔ごとにバアで消える。このバアの間隔がエクハス波長 $1/q_e$ である。この対流パターンがウィリアムズドメインと呼ばれている。

5. 液晶パターンのリズム

システムをさらに平衡からずらしていくと、上記の二次元の構造が重なって現れたような、格子状のパターンが観測される。これは液晶では、グリッドパターンと呼ばれ、三次元のセル状流れ構造となっている(図9)。直流電界を加えたときには、このセルは静止しているが、交流電界のみを加えたときには、通常、このセル状構造の一つ一つが振動子として、ある固有振動数で振動している。このパターンは、背景として均一な振幅の周期構造なので、縮約すると、新しい秩序は時間リズムとその位相となる。いま、振動の位相と振幅を定義すると、位相がある一定速度で伝搬するのが観測される(図9)。これは、1989年、最初に那須野(当時、東北大)によって見いだされた。もう一人の著者、甲斐が20年ほど前に初めてグリッドパターンを発見したが、そのときにはいつも拡大して観測したため、このようなパターンを見いだすことができなかった。長い周期の振動をもつことを報告したが、それがパターンをつくっていることは知らなかった。最近のこのパターンの発見から、現象を縮約して観測することが、いかに大切であったかを知らされた。このパターンでは各格子がそれぞれ一つの振動子で各々が液晶の配向場と対流場を通してつながっていて、配向の拡散(実際には弾性的)が位相波の伝搬機構の主役を果たしていると考えられる。

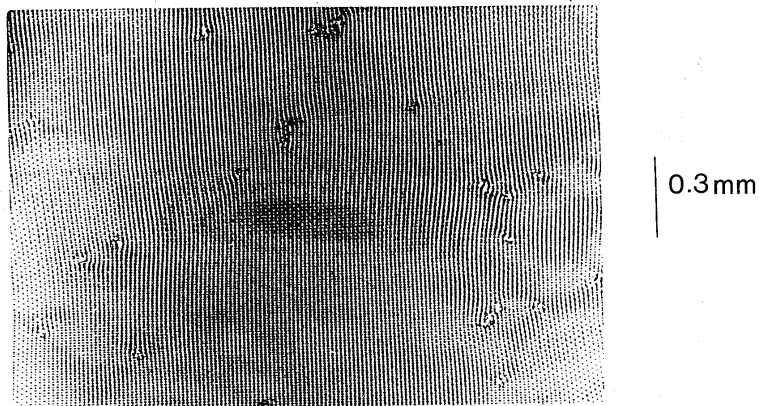


図9：グリッドパターンにみられるターゲットパターン：中心に大きなターゲットパターンが見られる。中心には欠陥構造が存在する。一つ一つ拡大して流れのパターンを見ると、それはグリッドパターンと呼ばれる格子状のパターンで、一つの格子のサイズは約 $20\mu\text{m}$ 程である。これらは交流電場では振動しており、各々のパターンが分からなくほど広い領域を”おおまかに”見ると、振動の位相が規則正しいパターンをつくって、伝搬している。伝搬速度は、条件にもよるが、かなり速く1秒間に50-100セルを移動する。

以上は、比較的単純なパターンの場合であったが、流体力学には乱流という難物が残っている。乱流あるいは非周期パターンというと、カオスを思い起こす読者も多いであろう。少数自由度で定義された時間カオスの問題は、既に比較的良好に理解されてまとめられた。ここでは、時空ともに乱れた非周期構造を、乱流と呼ぶ。乱流は自然界に最も普遍に存在するもので、古くて長い歴史をも

ち、古典力学最後の難問であろう。この乱流も大きく分けて2種類ある。一つは位相乱流で、これは周期構造の位相が時間空間でランダムに変化する。もう一つは、振幅乱流で振幅が時間空間的にランダムに変化するものである。この振幅乱流には二種類存在し、一つは周期構造を保持した位相の定義できる乱流で、もう一つは位相も非周期的な構造である。前者は最近話題となっている欠陥乱流で、後者は古典的な乱流である。前者の欠陥乱流(図10)は背後の周期構造を消して議論する、いわゆる縮約法が使えることが期待される。これは、欠陥が古典的な粒子と同様に特異点であるために、粒子と見なして欠陥のみを取り出して、その運動を議論することを意味する。しかし、実際には、欠陥が液晶の配向場と結合して位相場に埋め込まれていて、欠陥のみのダイナミクスを取り出すことが難しい。また、欠陥乱流が発生するためには局所的に振幅と位相がゼロとなる必要があるため、バンド状の波数領域が全て不安定になる必要がある(図11)。これらは、通常の単に時間に依存したギンズブルグ・ランダウ(TDGL)方程式では難しい。このため、欠陥乱流の発生機構はまだよく分かっていない。

ところで、いま、われわれが乱流で問題としているのは、十分に発達した乱流への発展はどのようにおこなわれるか、普遍的なルートや分岐の数があるのだろうか、それは制御できるのであろうか、乱流まで縮約法が成功するのであろうか、ということである。それらに対する解答はまだ得られていない。なお、最近では、十分に発達した乱流の中にもソフト乱流、ハード乱流などいくつかの種類があることが見いだされ、乱流の種類分けがなされようとしている。乱流にまた複雑な一面が加わったといえる。

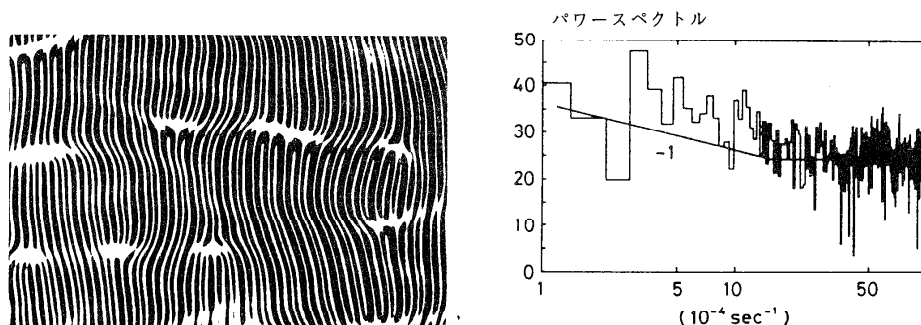


図10 : 欠陥乱流 : 欠陥乱流とその領域での欠陥の数の時間変化に伴うそのパワースペクトルを示す。一目見て、非周期的であることが分かる。パワースペクトルはやはり複雑である。これを見て、パターンを想像せよとか、識別せよ、定量化せよといわれても難しい。実際のパターンを見れば、我々は非周期パターンでも運いはわかるか、スペクトルでは同じになるかもしれない。スペクトルが有効に働くのはなんらかの理論的サポートがある場合であるが、たとえサポートがあったにしろ各人の頭の中で、スペクトルから実際のパターンを再構築するのは簡単な場合を除いて、困難であろう。

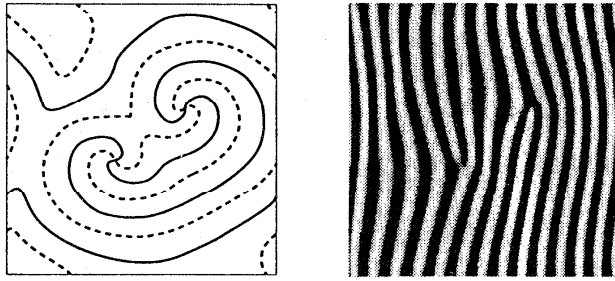


図11：欠陥の記述：ストライプ状の対流中（右図）に見られる欠陥を取り出す方法。縮約方程式の解、対流速の複素振幅の実部=0（実線）と虚部=0（点線）の双方が重なる点が欠陥となる（左図）。これを粒子とみなして零の点の運動を記述するダイナミクスを欠陥力学という。ここでは、まだ欠陥のみの記述まで縮約されていない。（J.Loga（1989）:Ph.D Thesis）

6. パターン形成の役割とパターンの違い

ところで、あまり科学的ではないがパターン形成の役割について、もう少し踏み込んだ話をしよう。散逸システムにおけるパターン形成とはほぼ同義語に自己組織化という言葉がある。例えば、引き込み現象のように、システムが秩序構造を自発的に形成することをいう。我々の世界には多様な自己組織化がいたるところで観測される。多くの自己組織化は同時に多様な機能を形づくる。言い換えると、新しい機能を備えるために自己組織化し、パターンを形成すると言える。例えば、レーリーベナール対流はストライプや蜂の巣状のパターンを示すが、これは熱伝導で輸送不可能となった熱流を、そのときの条件のもとで最適の効率で、対流輸送するために生じたものであると言える。これも機能の一つである。そのほか、発生したパターンを乱しても、ほっておくと再び形成され、いわゆる自己再生機能も示す。このように散逸系では、パターンあるいは自己組織は、前になかった新しい機能を持つように形成されると言える。

タンパク質も膜のイオンチャンネルや酵素など生体活動に関連した各種の機能をもつ。これは巨大高分子であるが、タンパク質を構成する個々の低分子の性質は、全体の性質には現れてこない。これは細胞や生物個体でより顕著である。細胞は集合して微生物やあるいは分化して新しい機能を持った器官や構成物をかたちづくる。個体は群れをつくって、生態系や社会組織をつくる。生態や社会組織は個体単体では持ち得なかった新しい機能を持つ一方で、おおまかに全システムを見ると、単体の持つ特徴が失われる。もちろん個体の特徴はシステムの挙動を表すある係数として縮約されるだけで、個体単体の持つ特徴が完全に消える訳ではないが、個体の特徴が消えたかわりに、巨視的なシステムは個体ではもちえなかった能力を発生し、これが機能として発現する。もしかすると、この縮約過程が新しい機能の発現と関連しているのではなかろうか。とすれば縮約法と機能の表現に関係を見いだせる可能性がある。ただし、機能の定義は明確でなく、何が機能かは目的によって

異なり、主観的である。これが客観的な物理学とどのように結び付けられるかは不明で、将来の問題であろう。

7. おわりに

もともと自然は境界をもっていない。線形、非線形現象と言う区分けや平衡状態、非平衡状態と言う区分けはなく、本来連続的につながっている。そして、平衡、線形という状態はほとんどの場合一種の近似に過ぎない。完全にエネルギーの流れのないシステムは無く、多かれ少なかれ考えるシステムと周囲の熱浴にはエネルギーの流れ（非平衡状態）がある。一方、物理学では従来非線形を副次的なものであって、本質として意識していなかった（あるいは嫌った）。つまり、非線形が全く新しい問題をつくりだすとは思っていなかった。これが本質であると認識されるようになったのは、非平衡システムの研究の進展と、局在パターン、たとえばソリトンやデイスロケーション、磁壁などの特異点（線）の問題やカオスの発見によっている。これらはともにパターンに深く関連する問題で、パターンが発現するためには、このような特異点あるいは線や面がなければならない。それゆえ、パターンの研究は、これらと共通の問題である。これに対して、非平衡の研究への興味は平衡の物理の枠組みがほぼ完成に近づいたことと、生物という複雑で不思議な対象への思い入れが原動力となったように思える。そして、いまや非平衡非線形の研究は、化学、生物学、医学、工学など領域横断的な総合科学として、物理学の境界を飛び越えつつある。それらを結びつける共通の鎖となっているのが、巨視パターン形成あるいは自己組織化であろう。学際的な研究が広がることを願うものである。

参考文献

蔵本由紀ほか「パターン形成」朝倉書店（1991）。

中村 育雄 辻 義之 (名大工)

1. まえがき

自然現象が形、人間が視覚で把握するもの、において現わす法則性は最も理解しやすいので、どんな場合でもまず注意を引く、あるいは注意すべきものである。流れで云えば乱流の概念はレイノルズの管内流の可視化実験から始まった。またプラントルが境界層剥離の概念を得たのも可視化であり、テイラー渦の研究には簡単な可視化、つまり形を見るのが依然として極めて有効である。次に重要なのは形を言葉で表現することである。それには共通理解としての形の基本要素が必要で、ギリシア人はこれを点、直線、3角形、円などとし、それらをテン、チョクセン、サンカケイ、エンと云うような記号に付した定義の言葉で表現した。これができればいちいち砂の上にコンパスで円を描いて、これがエンと指す必要はなく、記号(言語、音声)で指示でき、頭の中の自由にできるイメージを高速に操作し、互いに正確に円についての情報を交換できる。エンの定義にもとずく推論は手書のゆがんだ円について、あるいは頭の中だけで行え、それをコンパスで描いた円について確認できる。いや、コンパスによる確認の必要すらなく、正しいことを論理的に直観できる。また、多くの物体、現象中に直線、円を識別でき、その抽出した直線、円についてもとの物体、現象から離れて推論して得られた結果は、殆どの場合、もとの物体、現象にもどって認めることが可能である。したがって物体、現象と独立に直線、円について調べておけば、その理論はいかなる物体、いかなる現象についても、その含む直線、円の性質について適用可能である。と言うよりギリシア・ヨーロッパ科学は事物の中に認められる直線、3角形、円(広くは数学的秩序)のみが科学の真の対象であるとしている。

ところが乱流、ここでは乱流境界層を主として考えると、ガリレオの云う自然を書くのに使われている文字、3角形、円と云ったユークリッド幾何学の基本図形は可視化でも、熱線風速計の出力でも、直接シミュレーションの数字出力列でも認めることができない。ただ、複雑ではあるが何となく規則もありそうだと云う感覚は少し注意してみれば誰でも感じられる。それは机の上の雑然とした紙、鉛筆、消しゴムの散らばりには注意しても規則性は見当りそうもないが、ふだんは見過ごす、木の姿、雲の形などにはゴチャゴチャしているがふと気がつくとか何か規則性がありそうだと感ずると似ている。

Mandelbrotはこの木の姿、雲の形、リアス式海岸線、など複雑ではあるが散らかした部屋とは異なり、何がしか規則性、共通性が直観的に分かる図形にフラクタルの名を与え、それらに一つの数、フラクタル次元を客観的にあてはめることの可能なことを示した⁽¹⁾。彼が単にフラクタルと云う幾何学用語を発明しただけでは数学、自然科学、工学、経済学などとは無縁の面白い言葉の提案者と

云うだけであつたらうが、次元と云う数をこれらの形に規定することに成功したことで、20世紀後半の科学、工学の研究の一つの流れを作った。これは、「ピタゴラスから学び得る実際的な教えは、測定し、かつそれによって数として限定される量を用いて質を表すこと（ホワイトヘッド）」を複雑な図形に対し実行できたことを意味する。

寺田寅彦が複雑なパターンに関心があり研究したことはよく知られている。そしてアルコールの沿面燃焼の不規則な放射形について、「周期スペクトラ」のエネルギー分布の統計的形式によって、色々な不規則放射像の不規則さの様式特性が定まると考えられる。いわば規則正しい像は単線スペクトルに当り、不規則なのは一種の連続スペクトル、あるいは帯状スペクトルに当たるのである。こう考えると、形が不規則だとか、reproducibleでないからと云って不規則な放射像を物理学の圏外に追いやる必要はないであらう⁽²⁾。と述べている。当時、このスペクトルを求めることを具体的に実行していたら、と惜しまれる。ベナール対流、テイラー渦についてはまさにこれが成立し、寺田寅彦はこの二種の流れを詳しく研究していた⁽³⁾。

Mandelbrotのアイディアは爆発的に広まった⁽¹⁾。しかし乱流境界層の実験データをこの考えから調べたのはそれ程多くない。ここでは著者らの研究について述べる。

2. 乱流境界層の構造

乱流境界層にも多様な種類があるが基本的な流れは滑面上の圧力勾配のない場合である。その形はさまざまな方法で可視化されている。図1はその一例である。外側の層流状態と内部の乱流状態がよく示され、どんな人にもその区別は明かである。これは実は粗面上の乱流境界層の可視化であるが、図の程度の分解能なら定性的差は大きくない。また、このパターンの細さはレイノルズ数に強く影響され、それが増すにつれて細くなる⁽⁴⁾。

長年の多くの研究の結果、乱流境界層の平均速度分布は図2のように示されることが確立された。すなわち、(1)直線底層、 $y \leq 5$ 、(2)バッファー層、 $5 < y \leq 40$ 、(3)対数領域、 $40 < y < 0.2\delta$ 、(4)後流領域、 $0.2\delta < y < \delta$ 、である。これに関連して、大規模な境界層の流れは図3の大気層の構造である⁽⁵⁾。また乱流境界層の動的挙動としては古くから知られた外層部の間欠性(図1に明かに認められる)と、内層部のバーストが重要である。この構造の模式図は図4のようになっている⁽⁶⁾。このほかに、乱流境界層内における乱れエネルギー収支の状況が重要であり⁽⁶⁾、

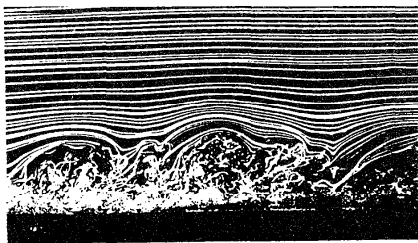


Fig. 1 Outer layer structure by Prof. Osaka and Dr. Wochizuki (Yamaguchi Uni)

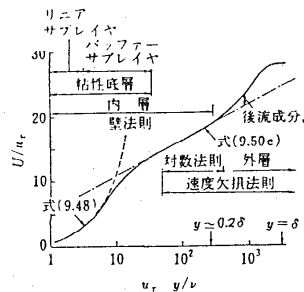


Fig. 2 Mean velocity profile

さらには2点、3点の相関が平均場の空間構造をよく示す。

3. 等速度点集合のフラクタル性⁽⁷⁾

乱流境界層の構造、特に図3のような大気層の多重構造はそれ自体がある種の自己相似性を連想させる。それでは時間平均場の何かの量がフラクタル性を示すかと言う問題が生ずるが、これについては何も調べられていない。変動量は変動速度の3成分、その時間微分、それらの積、瞬時散逸と無数の種類が生ずる。この中で実験的に比較的容易に得られるのは乱流境界層内の1点での熱線風速計の出力信号である。

この例を図5(a)、(b)に示す。図5(a)はIプローブの出力信号であり、(b)はその2乗値、つまり乱れエネルギーの成分の時間変化である。なお信号は平板乱流境界層の前縁から1900mmの位置で記録されたもので、層外主流速度

$U_0 = 5\text{m/s}$ 、境界層厚さ $\delta = 40\text{mm}$ 、 $Re_\delta = 1.4 \times 10^4$ 、コロモゴロフ時間スケール τ_K と最大渦時間スケール τ_L はそれぞれ1.5ms、20msの程度乱流場である⁽⁷⁾。

Sreenivasan らの一派はこの信号に対して等値点集合なるものを考え、これについてフラクタル次元を定めることを提案した⁽⁸⁾。彼らは図5(a)の $\tilde{u} = \text{一定}$ となる直線、ここでは数居値 u_{th} と呼ぶ、を数居値より上の速度と下の速度を分ける面との意味のみを考えている。また自己相似性成立の範囲が明確にされておらず、区分長さに対する変化も曖昧なまま議論されているので、著者らはこの点を明らかにする解析を行った⁽⁷⁾。

実際に行ったデータ解析は図5(a)の等速度点集合、すなわち数居値線と速度信号の交点の時間軸上に分布する点集合についてボックス法と、確率密度関数法を適用した。時間軸を長さ ε の区間(ボックス)で等分割し、その中に一つ以上の等速度点を含むボックスの数を N とすると N は ε の関数 $N=N(\varepsilon)$ である。ところで等速度点集合 B_{th} は

$$B_{th}(t) = \{t \mid u(t) = u_{th}\} \quad (1)$$

と書け、 t の変化範囲(実験データ長)によって大きさは異なるが、一本のデータを考えれば B_{th} は $N(\varepsilon)$ 個のボックスで覆われる。実験データを扱うのでフラクタル次元をEckmannとRuelleに従って操作的に定義する⁽⁹⁾。すなわち実験点をプロットして、

$$N(\varepsilon) \sim \varepsilon^{-D_0}, \quad D_0 = \text{一定} \quad (2)$$

の関係がある ε の変化範囲で認められれば B_{th} はその範囲でフラクタルであり、あるいはフラクタル性をもち、フラクタル次元(ボックス次元、又は容量次元)は D_0 であるとする。これは平均速度分布の対数直線部の考え方と同じである。すなわち理論的には対数速度分布は極限として定められるが⁽¹⁰⁾、実験的にはデータのプロットより決定されるものとしている。

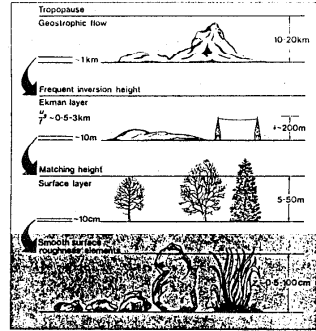


Fig. 3 Structure of atmosphere

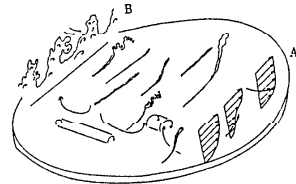


Fig. 4 Coherent motion

図6は確率密度関数法により調べた一例で、明かな直線部分が認められこの範囲で等速度点集合がフラクタル性を持つことを示している。ここで、 ε の変化範囲が重要であるが、以前の研究ではこれが明確にされぬまま D_B の値が論じられている。まず ε_{min} については少なくともコロモゴロフスケールより小さくはないはずであるから、 $\varepsilon_{min}=\tau_K$ とした。一方、 ε_{max} は、多くのデータの解析から経験的に、

$$\varepsilon_{max}=AVE+RMS/2 \quad (3)$$

とした。ここにAVE、RMSはおのおの等速度点の間隔の平均値とr.m.s値である。この ε_{max} は等速度点集合がフラクタル性を示す場合には最大渦の時間スケール τ_K とほぼ一致する。

フラクタル次元が複雑さの一つのパラメータであるならば、乱流についてみると、それが他の流体場の量とどのように結びつくかが重要である。その最も単純なものは乱流境界層の空間的多層構造から考えると壁からの距離 y に関する関係である。これを調べたのが図7、8で、壁からの距離と数居値 u_{ih} の変化と合わせて示してある。またボックス法による次元と確率密度関数法による次元も示してある。これから数居値によらず、境界層の外端に向かって次元は小さくなり、等速度点集合の複雑さが減少していることが分かる。図中において二つの次元決定法で定めた次元の値が、数居値 u_{ih} をその高さでの平均流速に近い値にとると大きくずれている。これはそもそもこの数居値近傍の値の等速度点集合にフラクタル性が実験的に明確ではないことによる。すなわち図6のような直線部分がはっきりしないのに次元を決めているからである。このことは従来も知られていたが⁽⁸⁾、理由の検討はされていない。この平均速度付近の状態の解釈について考えてみる。いま u_{ih} を固定し、

$$u(x, y, z, t)=u_{ih} \quad (4)$$

とし、 t を固定すると、その点の速度が u_{ih} となる点の集合 $S\{x, y, z | t, u_{ih}\}$ を与えることになる。テイラーの凍結乱流仮説が成り立つと、

$$\frac{\partial u}{\partial x}+U\frac{\partial u}{\partial x}=0, \quad u=g(x-Ut) \quad (5)$$

であり、図5(a)の等速度点は空間上に分布していると考えてよい。したがってこれは S と直線の交差集合を与えている。

S の構造は文字通り複雑なものであろうが、変化の生ずる空間的スケールはコロモゴロフスケールのオーダーであり、大小さまざまな泡の層のような、あるいは多孔質物体のようなものであろう。

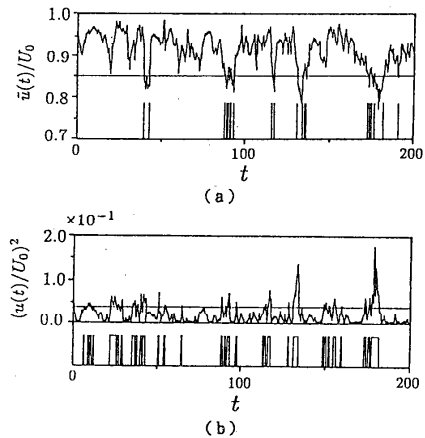


Fig. 5 Records of velocity and energy

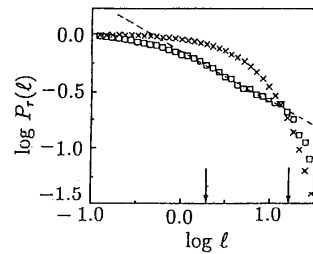


Fig. 6 Fractal

これを概念的に描くと図9のようなものであろう。実験では図5(a)の等速度点の密度は数値値をその高さの平均速度にとったときが最も大きく、それから離れた u_{th} にとるにつれて小さくなっている。これは図9の u_{th} の縦軸と瞬時速度分布の交点が図の Z_0 軸付近で最も多いことに対応している。変動速度の振幅は有限であり、平均速度がせん断を持っているので Z_0 軸から離れるにつれて、ある u_{th} に対応する等速度点空間集合はまばらなものとなる。すなわち $u_{th}=U(y)$ ととった場合には等速度点が多すぎて明確なフラクタル性を示さないものと考えられる。

図10, 11は乱れエネルギーについて調べたものである。すなわち

$$A(t) = \{t \mid u(t)^2 \geq \overline{u(t)^2}\} \quad (6)$$

として、乱れエネルギーに対応する等値点集合を定めフラクタル次元を求めた。図10のように明確にフラクタル性が存在し、図11のように壁から離れるにつれて次元は小さくなっている。

$A(t)$ のフラクタル次元は $B_{th}(t)$ のものより大きく、図5(a)、(b)の間の差をよく反映している。

4. レイノルズ応力、バーストとフラクタル性^{(11), (13)}

乱流境界層を力学的側面からみると重要な特性の一つはレイノルズ応力 $-\overline{uv}$ である。フラクタル性が孤立した概念でないならば他の力学的諸量と関係があるはずである。そこで等速度点集合を瞬時レイノルズ応力 $\widetilde{uv} = u(t)v(t)$ 、 u 、 v は変動速度、によって条件付けて調べた。 (u, v) は u 、 v を直交軸にとった相平面上をランダムに移動するので、 \widetilde{uv} が i 象限に含まれる場合の等速度点集合 $B_{th}(t, H')$ を

$$B(t, H')_i = B_{th}(t) S_i'(t, H') \quad (7)$$

$$S_i' = \begin{cases} 1: |\widetilde{uv}| > H' \mid \overline{uv} \mid \text{で } i \text{ 象限} \\ 0: \text{その他} \end{cases}$$

として抽出した。ここに S_i' は定義関数、 H' はホールサイズである⁽¹¹⁾。

i 象限の等速度点集合で $H'=0$ の場合 $B_{th}(t, H'=0)_i$ を確率密度関数法でもって解析した。その結果の例を図12に示

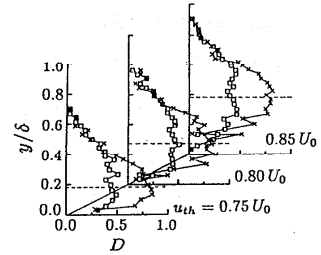


Fig. 7 Change of dimension

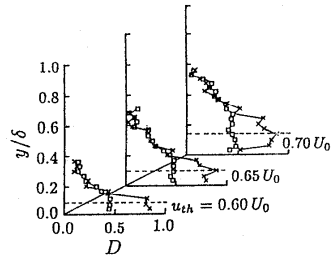


Fig. 8 Change of dimension

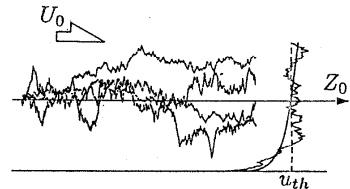


Fig. 9 Isovelocity structure

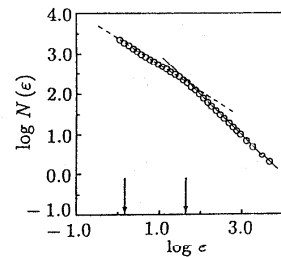


Fig. 10 Fractal of energy

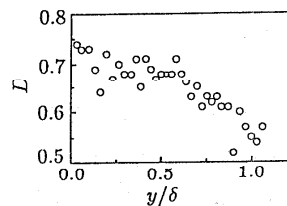


Fig. 11 Change of dimension

す。非常に明確に、等速度点集合のフラクタル性は第2、第4象限、すなわち $-\tilde{u}\tilde{v} > 0$ の領域に生じ、第1、第3象限には生じないことが分かる。この結果は著者らの知る限り乱流せん断流の力学とフラクタル構造の関係を示した最初の例である。

ここで等速度点集合の意味にふれておく。従来は、式(1)のような幾何学的解釈のみなされているが、いま敷居値速度を状態変数、 u を確率変数とし、パラメータの値を省いて、

$$f(u_{th}) = \delta(u_{th} - u) \quad (8)$$

と書けばこれは各点確率密度関数(fine grained pdf)と呼ばれる関数で

$$\langle \delta(u_{th} - u) \rangle = f(u_{th}) \quad (9)$$

と、その平均は通常の pdf を与える。したがって図5のパルス列は乱流境界層の u の f pdf のグラフと解釈してよく、その方程式がNS式から次のように導かれるので等速度点集合は重要な意味を持つ⁽¹¹⁾。

$$\frac{\partial f}{\partial t} + u \cdot \nabla f + \left(\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} - \nu \nabla^2 u \right) \frac{\partial f}{\partial u_{th}} = 0 \quad (10)$$

もちろんこれは超関数の意味の式なので現在では直接取り扱う方法はないようである。

乱流境界層の壁近くにかなり周期性をもって生ずる際立った一連の現象がバーストで、乱流境界層の整構造(coherent structure)の重要なものの一つとして、可視化、熱線、数値計算と種々の方法で多量の研究が行われてきたが、まだ十分な理解には到っていない⁽¹²⁾。壁近くの領域でのレイノルズ応力の主たる発生期間はバーストの発生時間帯であることが分かっており、上述のようにレイノルズ応力はフラクタル構造と関係しているから、バーストとフラクタルの関連が注目される。著者らはこれに注目し、熱線風速計の信号を解析してバーストとフラクタルの関係が確かに存在することを示したので⁽¹³⁾、ここでその一部を紹介する。

バーストの熱線信号による検出の代表はVITA法と4象限分割法である。まず4象限分割法によって検出されるバースト、Qバーストと呼ぶことにする、によって条件づけられた等速度点集合のフラクタル性を調べたのが図13(a)、である。前述の外層部分の場合と同様に非常に明瞭にフラクタル構造はQバースト区間、つまりレイノルズ応力の大きい領域に生じ、それ以外の非バースト区間には生じない。一方VITA法によって検出されたバースト、Vバーストと呼ぶことにする、によってはフラクタル構造と非フラクタル構造は図13(b)に示すように完全に分離することはできず、次元の差のみが現れる。次にバーストが生じている時間帯は1、そうでないとき0をとるバースト定

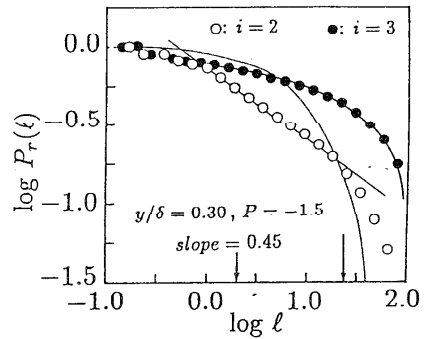
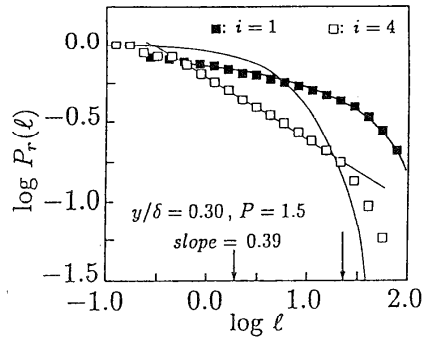


Fig. 12 Fractal and Reynolds stress

義関数 $\alpha(t)$ の 1 となる時間分布のフラクタル性をボックス法で調べると図14(a)、(b)のようになる。これより Q バースト定義関数はフラクタルであり V バースト定義関数はそうでないことが分かる。すなわち、Q バースト自身がフラクタル的に発生し、かつその生起時間内の等速度点集合がフラクタルである。

これからレイノルズ応力は、

$$u v = \iint u' v' f(u', v' | \alpha=1) du' dv' \quad (11)$$

$f(u, v | \alpha=1)$ は Q バースト発生時の u, v の条件付結合確率密度関数、のように示されることになる。 $f(u, v | \alpha=1)$ は上述のことからフラクタル構造に関係する形のはずで、これについては現在調べている。また、フラクタルのうちカントル集合、マンデルブロー集合のように一見複雑だが、それを作る計算プログラムは短いものがある。つまり Kolmogorov-Chaitin の意味ではランダムではないと考えられる種類がある。これから考えるとレイノルズ応力に関連した現象がフラクタルであることはこの意味では規則性をもつことが予期される。乱流境界層のランダムな外層部の問欠性は実際に単純な力学系で非常によく近似できる^{(14), (15)}。これに関連し、VITA法によるバーストが力学系構造の解明に有効である K-L 展開⁽⁶⁾によってよく表現できることが示されている^{(16), (17)}。

5. むすび

このように、乱流境界層の等速度点集合はある範囲でフラクタル性を持ち、しかもレイノルズ応力と密接に関係していることが明かとなった。しかし、乱流境界層のフラクタル性をもっと各種の

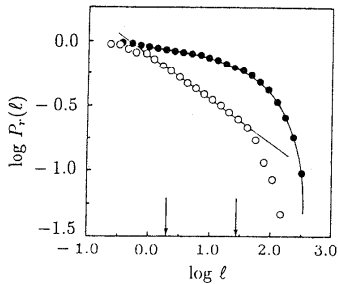


Fig. 13(a) Fractal in Q-burst

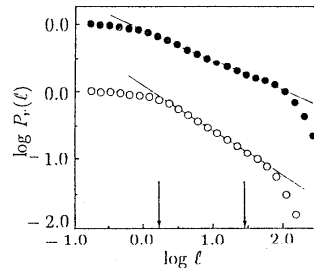


Fig. 13(b) Fractal in V-burst

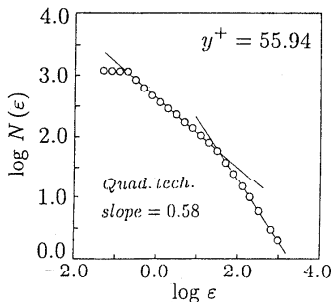


Fig. 14(a) Fractal of Q-burst defining function

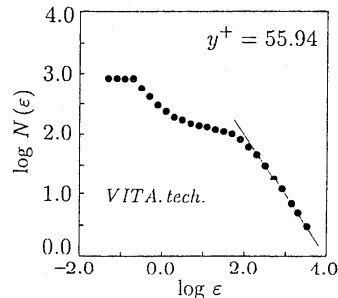


Fig. 14(b) Non-fractality of V-burst defining function

局面に現れると予想され、その次元は力学的性質の指標の一つとなるので次元の測定をさらに詳細に行うことが望まれる。その後、力学現象の記述モデルが明らかになってくるものと考えられ、それは普通の乱流モデルの構成にも有効となろう。

本稿の作成には名古屋大学助手榎田武広氏に協力頂いた。厚く謝意を表する。

文 献

- (1) Mandelbrot, B. R., Proc. R. Soc. Lond A 423(1989), 3.
- (2) 寺田寅彦, 寺田寅彦随筆集第4巻, 岩波(昭28), 54.
- (3) Terada, T. and Hattori, K., Some Experiments on Motions of Fluids Part IV. 東京帝国大学航空研究所報告. No. 26(昭2), 287.
さまざまな場合を調べた膨大な研究に驚かされる。また、次を参照。宇田編, 科学者寺田寅彦, NHKブックス(昭50), 153.
- (4) Nagib, H. M., et al. Coherent structure of turbulent boundary layers. ed Smith, C. R., Lehigh Univ(1978), 372.
- (5) Brown, R. A., Analytical methods in planetary boundary layer modeling, Adam Hilger(1974).
- (6) 中村, 乱流現象, 朝倉書店(1992), 199.
- (7) 辻, 本田, 角田, 中村, 機論B, 57-540(1991), 2554.
- (8) Sreenivasan, K. R. and Meneveau, C. J. F. M. vol. 173(1986), 357.
- (9) Eckmann, J. R. and Ruelle, D., Reviews of modern physics vol. 57, No. 3(1985), 617.
- (10) Mellor, G. L., Int. J. Eng. Sci, vol. 10(1972), 851.
- (11) 辻, 中村, 伊藤, 機論B, 58-547(1992), 706.
- (12) Robinson, S. K., Ann. Rev. Fluid Mech, vol. 23(1991), 601.
- (13) 辻, 中村, 伊藤, 機論B, 58-553(1992), 2722.
- (14) Tsuji, Y., Honda, K., Nakamura, I., and Sato, S., Phys. Fluids A, vol. 3(1991-8), 1941.
- (15) Tsuji, Y., Honda, K., Sato, S., and Nakamura, I., J. Phy. Soc. Japan, vol. 61(1992-1), 10.
- (16) 辻義之, 名古屋大学学位論文(1993)
- (17) 中村, 榎田, 辻, 笹本, 流体熱工学研究, vol. 28, No. 1(1993), 27.

第30回日本伝熱シンポジウム記念講演会—ネクスト30—について

日本伝熱学会理事-関東地区担当 望月貞成 (東農工大・工)

日本伝熱シンポジウムは回を重ねこの度30回目を迎えた。これを記念して、第30回日本伝熱シンポジウム準備委員会と日本伝熱学会関東地区研究グループとの共同企画のもとに、去る5月25日(伝熱シンポジウムの前日)横浜市開港記念会館において記念講演会が開催された。この共同企画は、これ迄に蓄積された地区活動資金を用いて小規模な国際セミナーないしはシンポジウムの開催などを検討し始めていた関東地区研究グループと、伝熱シンポジウム30回記念企画を計画し始めていたものの運営費の捻出に苦慮していた伝熱シンポジウム準備委員会とが、互いに協力することにより実現されたものである。講演会の内容を、伝熱あるいはエネルギー関連分野における研究の今後の展望や従来 of 伝熱学の枠を越えた研究に関する話とし、内外の著名な研究者および新進気鋭の若手研究者に講演を依頼した(表参照)。講演は午後2時から午後7時にまで及んだのであるが、最後まで熱心に耳を傾ける若い人たちがかなり多くみられ講演会は意義あるものとなった。

この講演会の実現に際しては、伝熱シンポジウム準備委員会(委員長前田昌信慶応大教授)の方々、とくに企画に関しては慶応大の森康彦教授および会場準備に関しては同じく慶応大の上松公彦教授をそれぞれはじめとする皆様にお世話頂いた。また、一部講師の依頼に際しては東京大学の小竹進教授および機械技術研究所の矢部彰氏にお世話になった。とくに、小竹教授にはロシア語で行われた講演に対し日本語あるいは解説を逐次加えて頂くことにより、講演をわかりやすく魅力あるものにして頂いた。関係各位にお礼を申し上げる次第である。

講演題目	講師
米国における伝熱研究の新潮流	W.-J. Yang (Univ. of Michigan)
エコ・エネルギー都市システムの実現にむけて	秋谷鷹二 (工技院物質工業技術研究所)
レーザーおよび荷電粒子ビームと物質の干渉 (ロシア語)	T. N. Zolotoukhina (Belarus Academy of Science)
微小重力環境はどのように伝熱研究に寄与するか (英語)	J. Straub (Technische Universität München)
C ₆₀ の生成と物理	丸山茂夫 (東京大学)
流下液膜の膜厚挙動に見られるカオスの特徴	森 幸治 (大阪大学)
任意形状・任意加熱条件・任意表面を有する物体の放射伝熱解析	円山重直 (東北大学)
物質変換における新しいプラズマ技術	岡崎 健 (東京工業大学)
近赤外光による生体内酸素濃度計測	山田幸生 (工技院機械技術研究所)

NEW TIDES OF HEAT TRANSFER RESEARCH IN U.S.A.

Wen-Jei Yang

Department of Mechanical Engineering and Applied Mechanics
Ann Arbor, Michigan 48109, U.S.A.

I. Critical Technologies

A variety of technologies have resulted from a better understanding of heat and mass transfer. Table 1 lists the major engineering accomplishments between 1964 and 1989 as assessed by the U.S. National Academy of Engineering. Advancements in these areas are clear demonstrations of the significance of thermal engineering. The last decade of the 20th century concerns the state of our technology and our environment. Tables 2, 3, and 4 present critical technologies indicated by the U.S. Department of Defense, the U.S. Department of Commerce, and the American Society of Mechanical Engineers, respectively. In almost every category, heat transfer plays a role, often a dominant one. It is therefore evident that the welfare of human assessment of global and regional impacts of these technologies on the environment also requires improvements of our knowledge of thermal engineering.

II. Major Technologies in Thermal Engineering

In 1991, the Heat Transfer Division of the American Society of Mechanical Engineers and the American Institute of Aeronautics and Astronautics found the major technologies in thermal engineering:

- (i) Aerospace
- (ii) Bioengineering and Biotechnology
- (iii) Energy
- (iv) Heat Exchangers
- (v) Environment
- (vi) Digital Data Processing
- (vii) Manufacturing and Materials Processing

This list corresponds to comparable lists of the critical technologies which drive economic growth.

III. Critical Cross - Cutting Issues in Thermal Engineering

Next, the critical cross-cutting issues are identified. A cross-cutting issue is defined as a major research area in which an advance in knowledge influences virtually all seven technologies. The following five topics were identified to have the greatest impact on the critical technologies:

- (1) multi-phase thermal phenomena
- (2) thermal processing of engineering materials
- (3) dimensional and operational extremes (including nano- and micro- technology)
- (4) thermal measurements, instrumentation and controls
- (5) coupled systems (including chemical reactions)

Note that nano- and micro-technology was in the original group of major technology areas. Since it also appears as a major cross-cutting issue, it has been dropped from the listing of technology areas. Thermal properties, reactive flows, and modeling (simulation) methodologies provide the basis for research in all five of the listed areas, and are included therein.

Tables 5 through 9 present examples of the cross-cutting issues associated with each of the major technology areas. Tables 10 through 13 provide general treatments of some cross-cutting issues.

IV. ASME Position Paper on Thermal Engineering

In 1993, the new ASME position paper on Thermal Engineering Research [4] was released as an outgrowth of the NSF funded workshop on emerging technologies and critical phenomena in thermal engineering. The major critical technology areas are reduced to:

- (i) Energy and environment
- (ii) Manufacturing and materials processing
- (iii) Bioengineering and biotechnology

The cross-cutting technical issues are defined to be:

- (1) Multi-phase thermal phenomena
- (2) Thermal processing of engineered materials
- (3) Ultra large and ultra small scale technology

Examples of these cross-cutting issues associated with each of the major technologies are presented in Tables 14 through 16.

V. Some Specifically Suggested Research Areas

(i) Transport Phenomena in Electronic Manufacturing

The process of manufacturing microelectronic chips includes many types of material deposition, cleaning, etching, etc. It currently involves more than 200 steps, and will soon increase to 300 or 400. The science base of most of the processes rests in transport phenomena, namely fluid dynamics, heat transfer, reaction engineering, separation, thermal plasma, and others. For example, the deposition processes which produce electronic components and circuits represent the most active part of electronic manufacturing. The most important deposition process is thermal CVD (chemical vapor deposition). This is a temperature-sensitive surface-reaction process and is sometimes diffusion-limited, for which the control of surface temperature and the convective pattern of gaseous reactants are essential. Due to ever-decreasing size and ever-increasing

complexity in electronic chips, the key to success lies in rapid thermal processing in order to minimize solid state diffusion, which degrades the devices.

(ii) Thermal Design of Microelectronic Chips

The ever-increasing power density in an electronic chip resulting from an ever-increasing density of the packing of electronic components has greatly exacerbated the thermal management of the chip. The new challenge is in internal heat transfer, not to be alleviated by external cooling. It is important to note that the submicron features, i.e. smaller than the phonon, electron and photon mean free paths and wavelengths, render the classical equations of heat conduction and radiation invalid. This problem requires micro- and nano-technologies for its solutions.

(iii) Thermal Processing in Structural and Magnetic Materials

The last decade has witnessed a slow revolution in materials processing, due primarily to increased understanding of alloy solidification processes and the increasing availability of precisely controllable heat sources such as the plasma jet, electron beam, and more importantly CO₂ ND-Yag and dye lasers. The most significant development has been various forms of fine grain or amorphous, rapidly solidified materials, in commercially viable quantities, including the new tape-cast magnetic materials, super-alloys, directionally-crystallized alloys, and metal and ceramic composites. This trend will continue under collaboration of thermal science and materials science researchers.

(iv) Rotating Systems

A fluid in rotation is subjected to two additional forces, namely the Coriolis and centrifugal forces. These phenomena are abundant in nature. In industry, most power generation and refrigeration cycles involve rotating systems. [5] reports gas turbine research activities throughout the world. The research in rotating systems is continuing, accelerated due to a need for thermal design to enhance the thermal efficiency of rotating systems.

(v) Reduced-Gravity Environments

The effects of the capillary force become prominent in fluid systems with free surface under reduced-gravity conditions. The associated transport phenomena are important to manufacturing and materials processing in space.

VI. Final Comments

Recurring themes have been haunting the ASME Heat Transfer Division [7]:

- (i) By far, the most frequently and strongly stated theme is that its publication does not serve "industry", the practical engineer, the designer, etc. An often expressed perception is that HTD publications, most notably, The Journal of Heat Transfer (JHT), were more frequently meeting the needs of the authors, for their promotion and tenure, and a small group of closely aligned fellow researchers, rather than the broader heat transfer community. It is common among some younger faculty to publish in JHT those papers which had already appeared in the ASME conference proceedings, just to claim publications in an authoritative journal. The main criticism is with regards to the focus (hard to follow) and relevance (how the work might be used) of the papers. As the Senior Technical Editor remarked, "You can only process what you get."
- (ii) A second theme is a strong need to perform and publish research which begins by asking what important heat transfer questions exist, and then seeking to answer them.. There is a call for more open-ended research and more open-ended dialog in the literature, rather than doing "safe" research and writing "safe" papers.

Researchers in those countries which admire and imitate the United States should take extreme caution in avoiding these pitfalls.

VII. Sources of Information

1. "Program Description", Directorate for Engineering, U.S. National Science Foundation, Washington D.C. (October, 1992).
2. "Research Opportunities in Manufacturing in the Process Industries", Summary of a National Science Foundation Workshop (edited by H.A. McGee, Jr. and M.K. Burka), December 2-4, 1992.
3. "Thermal Engineering: Emerging Technologies and Critical Phenomena - Executive Summary", U.S. National Science Foundation Workshop (edited by H.R. Jacobs and J.P. Hartnett), 1992.
4. "Thermal Engineering Research: An Essential Ingredient to U.S. Critical Technology Policy", A Position Paper, ASME Heat Transfer Division, New York (January 1993).
5. "1993 Technology Report - Land, Sea, & Air", International Gas Turbine Institute, ASME, Atlanta, Georgia (1993).
6. "Heat Transfer - A Review of 1991 Literature", International Journal of Heat Mass Transfer, Vol. 35, No. 12, pp. 3153-3235, December, 1992.
7. "Report of the Heat Transfer Division K-2 Committee on Long Range Directions and Issues in Heat Transfer to the HTD Executive Committee", ASME, New York, November, 1992.
8. "Emerging Technologies: A Survey of Technical and Economic Opportunities", U.S. Department of Commerce, Technology Administration, Washington, D.C. (Spring, 1990).
9. "Engineering 2000. A Look at the Next Ten Years", ASME, New York (June 1990).
10. "Critical Technologies Plane", U.S. Department of Defense, Washington, D.C. (March 15, 1990).

Table 1 Ten outstanding engineering achievements: 1964-1989*

-
1. Moon Landing
 2. Application Satellites
 3. Microprocessor
 4. CAD/CAM
 5. CAT Scan
 6. Advanced Composites
 7. Jumbo Jets
 8. Lasers
 9. Fiber Optics
Communications
 10. Genetically Engineered
Products
-

*National Academy of Engineering, 25th Anniversary Celebration (from American Society of Mechanical Engineers, Engineering 2000. A Look at the Next Ten Years, June 1990, Exhibit 2-4).

Table 2 U.S. Department of Defense critical technologies*

Semiconductor Materials and Microelectronic Circuits	Software Productivity
Parallel Computer Architectures	Machine Intelligence & Robotics
Simulation and Modeling	Photonics
Sensitive Radars	Passive Sensors
Signal Processing	Signature Control
Weapon System Environment	Data Fusion
Computational Fluid Dynamics	Air-breathing Propulsion
Pulsed Power	Hypervelocity Projectiles
High Energy Density Materials	Composite Materials
Superconductivity	Biotechnology Materials and Processes

*U.S. Department of Defense, Critical Technologies Plan, March 15, 1990, Table 5.

Table 3 U.S. Department of Commerce emerging technologies*

EMERGING TECHNOLOGY	MAJOR TECHNOLOGY ELEMENTS
<i>Emerging Materials</i>	
Advanced Materials	Structural and Functional Ceramics, Ceramic and Metal Matrix Composites, Intermetallic and Lightweight Alloys, Advanced Polymers, Surface-Modified Materials, Diamond Thin Films, Membranes, Biomaterials
Superconductors	High-Temperature Ceramic Conductors, Advanced Low-Temperature Conductors
<i>Emerging Electronics and Information Systems</i>	
Advanced Semiconductor Devices	Silicon, Compound Semiconductors (GaAs), VLSI, Memory Chips, X-ray Lithography
Digital Imaging Technology	High-Definition Systems, HDTV, Large Displays, Data Compression, Image Processing
High-Density Data Storage	High-Density Magnetic Storage, Magneto-Optical Storage
High-Performance Computing	Modular/Transportable Software, Numerical Simulation, Neural Networks
Optoelectronics	Integrated Optical Circuitry, Optical Fibers, Optical Computing, Solid-State Lasers, Optical Sensors
<i>Emerging Manufacturing Systems</i>	
Artificial Intelligence	Intelligent Machines, Intelligent Processing of Materials and Chemicals, Expert Systems
Flexible Computer-Integrated Manufacturing	CAD, CAE, CALS, CAM, CIM, FMS, PDES, Integrated Control Architectures, Adaptive-Process Control
Sensor Technology	Active/Passive Sensors, Feedback and Process Control, Nondestructive Evaluation, Industrial and Atmospheric Environmental Monitoring and Control
<i>Emerging Life Sciences Applications</i>	
Biotechnology	Bioprocessing, Drug Design, Genetic Engineering, Bioelectronics
Medical Devices and Diagnostics	Cellular-Level Sensors, Medical Imaging, In-Vitro and In-Vivo Analysis, Targeted Pharmaceuticals, Fiber Optic Probes

*U.S. Department of Commerce, Technology Administration, Emerging Technologies: A Survey of Technical and Economic Opportunities, Spring 1990, Table I.

Table 4 The expanding role of mechanical engineering: 1990-2000*

Areas	ME Impact	Other Interdisciplinary Areas
Materials	Major	Biology, Chemistry, Chemical Eng.
Energy	Major	Physics, Chemical Eng., Biology, Earth Science
Manufacturing	Major	Materials, Product Specialties
Agriculture & Food	Substantial	Biology, Farming
Transportation Technologies	Major	Hydrodynamics, Aerodynamics, Electrical Engs. Health/Safety, Ergonomics
Space Technologies & Advanced Aeronautics	Major	Physics, Astronautics, Astronomy, Ergonomics, Health/Safety, Transportation
Health Technologies	Substantial	Materials Science, Biology
Housing & Structures	Major	Materials Science, Automation
Infrastructure	Substantial	Materials Science, Electronics, Geology, Hydrology
Geotechnology & Planetary Engineering	Major	Civil Eng., Meteorology, Geology, Biology, Environment
Outdoor Robots	Major	Environment, Safety, Oceanography, Mining Eng.
Biotechnology & Nanotechnology	Major	Biology, Chemistry, Physics, Materials Science
Mechatronics	Major	Electrical Eng., Design, Functional Spec.

*American Society of Mechanical Engineers, Engineering 2000. A Look at the Next Ten Years, June 1990, Exhibit 2-1.

Table 5 Multiphase thermal phenomena

TECHNICAL AREA	EXAMPLES
AEROSPACE	Ablation Processes Micro-gravity boiling and condensation Freezing-thawing thermal storage systems Spray combustion
BIOENGINEERING AND BIOTECHNOLOGY	Cryopreservation Multiphase transport (solid-liquid) during continuous processing of particulate food Mechanisms causing alteration or damage to biological systems at interfaces
ENERGY	Vapor generation Nuclear reactor safety Geothermal heat transfer Circulating fluidized bed Direct contact processes Particulate laden flows
HEAT EXCHANGERS	Liquid-Vapor (multi-phase) flow in channels of complex geometry Chemistry and transport phenomena associated with fouling of heat exchangers Molecular level transport phenomena at solid-fluid and liquid vapor interfaces
ENVIRONMENT	Steam injection for removal of hazardous waste from soils Evapo-transpiration in vegetation Salt fingering Gas stack cleanup - SOX removal using absorbing particles
DIGITAL DATA PROCESSING	Crystal growth Thin film deposition Phase-change cooling in three-dimensional structures Boiling of liquids Contact resistance at lightly-loaded interfaces
MANUFACTURING AND MATERIALS PROCESSING	Particle laden or fiber laden flows, in composite materials Melting/Vaporization during laser cutting Frictional heating at tool-workpiece interfaces Extrusion processes and molding, i.e., in polymers Powder processing

Table 6 Thermal processing of engineered materials

TECHNICAL AREA	EXAMPLES
AEROSPACE	Ceramic matrix and metal matrix composites for high temperature engines and structures Graphite-copper radiators
BIOENGINEERING AND BIOTECHNOLOGY	Materials which are biocompatible for medical instruments and for prosthetic devices
ENERGY	High-temperature industrial furnaces Cryogenic heat exchanger
HEAT EXCHANGERS	High-temperature materials such as ceramic composites and high-conductivity plastics that can be incorporated into heat exchangers and heat transfer systems Material coatings that are inert but of high conductivity Materials with special micro structures for insulation or wicking characteristics Synthetic fluids that are non-fusing, non-corrosive, and of reasonable cost
ENVIRONMENT	CFC substitutes Development of alternative fuels
DIGITAL DATA PROCESSING	Superconducting interconnects Adjustable thermal expansion substrates Low-cost dielectric liquids
MANUFACTURING AND MATERIALS PROCESSING	Weldable Thermoplastics Machineable Metal-Matrix Composites Sintering and Laser Sintering

Table 7 Dimensional and operational extremes

TECHNICAL AREA	EXAMPLES
AEROSPACE	Environmental design parameters range in temperature from 0.1 to 5000 Kelvin, in pressures from the high vacuums of space to 1000 atmospheres, and in velocity from several hundred miles per hour up to Mach numbers of 25
BIOENGINEERING AND BIOTECHNOLOGY	Cryopreservation and freeze drying Hyperthermia treatment of cancerous tumors (1 to 100 cm in size) dependency on phenomena occurring at sub-micron scale Miniaturization of instrumentation to reduce invasive effects
ENERGY	Natural convection in large systems such as passive nuclear reactors Micro-gravity heat transfer for outer space application
HEAT EXCHANGERS	Extend the existing theoretical framework for heat and mass transfer to predict performance of ultra-miniature systems
ENVIRONMENT	Ocean circulation Ocean-cloud-surface interaction (global change)
DIGITAL DATA PROCESSING	Micron-level displacements in optoelectronic systems Thin film formation and control
MANUFACTURING AND MATERIALS PROCESSING	Microelectronic soldering Crystal and Dendrite growth during solidification Thin film formation Super conductor crystal growth

Table 8 Measurements, instruments and thermal system control

TECHNICAL AREA	EXAMPLES
AEROSPACE	Instruments designed for limited access and for hostile environment Minimizing influence of instrumentation on measurement
BIOENGINEERING AND BIOTECHNOLOGY	Sensing and control of biomaterial processing (e.g. pharmaceuticals, food) Sensing of dangerous environmental conditions Improved instrumentation for measurement and control of temperature, concentration, heat flux
ENERGY	Thermophysical properties Void fraction and velocity slip in gas-liquid systems
HEAT EXCHANGERS	Improved instrumentation for exploring two-phase (liquid-vapor) convective transport phenomena in complex flow passages Development of microscale instrumentation and microsensors that can be used to experimentally explore microscale heat and mass transfer phenomena
ENVIRONMENT	Measurements of temperature, moisture content and heat flux in soils Measurements of temperature, chemistry and circulation of deep oceans Radiative properties of clouds
DIGITAL DATA PROCESSING	Thermo-mechanical properties of thin films and of plastic materials
MANUFACTURING AND MATERIALS PROCESSING	Temperature measurements for process monitoring and control in high precision machining

Table 9 Coupled systems (including chemical reactions)

TECHNICAL AREA	EXAMPLES
AEROSPACE	<p>Mechanical stress associated with thermal processes Combustion of condensed phases (solid fuels)</p>
BIOENGINEERING AND BIOTECHNOLOGY	<p>Thermal influence on naturally occurring chemical processes Effects of temperature in biological systems Laser-tissue interactions Coupled transport of water and cryoprotective chemical under freezing conditions</p>
ENERGY	<p>Combined conduction, convection and radiation in furnaces Biomass energy conversion processes Biothermal treatment of waste streams Combustion systems and pollutant generation</p>
HEAT EXCHANGERS	<p>Simultaneous heat/mass transfer in chemical reactors and phase-change heat exchanger Thermal stresses in heat exchangers with high temperature differences and with many startups/shutdowns over time</p>
ENVIRONMENT	<p>Mechanism of cloud formation Thermally stratified flows Pollutant/radiant energy interactions</p>
DIGITAL DATA PROCESSING	<p>Thermo-mechanics of plastic packages, encapsulate and adhesives Thermo-optics in information storage Thermal distortion of crystals during growth processes</p>
MANUFACTURING AND MATERIALS PROCESSING	<p>Combustion processing of materials Thermal stress behavior of ceramics or metals during laser machining Pyrolysis processes Thermal stresses during machining and grinding Thermal stresses during molding, extrusion, and casting of polymers</p>

Table 10 Partial list of advanced materials

- a) Composite Ceramics
- b) Advanced Metals and Alloys
- c) Superconductive Materials
- d) Materials used as Surface Modifiers (thin films such as diamond, etc.)
- e) Smart Materials (exemplified by materials with memory or materials which change their behavior in the presence of an electrical or magnetic field)
- f) Biological Materials

Table 11 Cross-cutting issues in reactive flows

1. *Reactions Under Limiting Conditions*
 - a) High speed reactions such as extinction, ignition, atomization, combustor cooling (using the fuel as the coolant)
 - b) Highly nonadiabatic reactions such as might occur in efficient fired heat exchangers or in process reactors
 - c) Ultra lean burning for NO_x control (near flammable limits)
2. *Pollutant Reactions and Production Control*
 - a) Reaction mechanisms in turbulent flow
 - b) Design for environmental control using traditional and alternative fuels
 - c) Particulate formation and control
 - d) Surface reactions
3. *Safety*
 - a) Extinction due to near-limit operation
 - b) Flow structure interactions such as swirl, etc.
 - c) Large scale phenomena such as forest fires, urban fires, aircraft fires, oil or gas field fires, etc.
 - d) Explosions
 - e) Fire aboard spacecraft, or in reduced gravity
4. *Solid Phase Reactions - Particulate Processes*
 - a) Powder synthesis, nonlinear diffusion controlled processes
 - b) Bulk material synthesis
 - c) Corrosion and erosion in reactive heat exchangers
 - d) Deposition or scaling processes in reactive heat exchangers
5. *Bio Reactions*
 - a) Slow chemical reactions such as those taking place in living matter, both naturally and as induced through the introduction of chemicals into the biological system
 - b) Radiation tissue interaction (This topic relates to thermal radiation and various forms of radiation adsorbed in depth such as X-ray, microwave and gamma rays.)
 - c) Bioreactor processing such as fermentation, mitigation, etc.
6. *Supercritical Processes*
 - a) Processes occurring near or above the critical point for one or more of the reactants. (We lack sufficient knowledge of reactant and product properties.)
 - b) Radiation at supercritical pressures
 - c) Basic knowledge for formulation of models of supercritical processes

Table 12 Cross-cutting issues in thermal mechanical phenomena

- a) Thermal-mechanical forces in the presence of large changes in free energy (i.e., solidification, fracture, loss of adhesion)
- b) Establishment of failure mechanisms, modes and criteria of thermal-mechanical failure
- c) Residual thermal stresses
- d) Development of constitutive relationships for coupled phenomena
- e) Modeling of complex geometry based both on shape and heterogeneity
- f) Variations of properties from bulk to microscopic (thin films, etc.)
- g) Thermal-mechanical behavior of adhesives
- h) Thermal fatigue, as related to brittle materials
- i) Boundary and interfacial conditions for thermal stress, including thermal contact resistance, spatial variations, and interfacial loads.

Table 13 Cross-cutting issues in simulation methodologies

- a) Transient problems
 - b) Three-dimensional geometries
 - c) Multiple scales - stiff equations (such as occur in reacting flows and in transient turbulent flows)
 - d) Conjugate problems for non-homogeneous materials such as composites
 - e) Turbulent closure relationships (especially for multidimensional and transient problems)
 - f) Radiation (including scattering in fluids and interactions with thin films, etc., at the microscale)
 - g) Multiphase flow (particularly for dense flows and multidimensional flows, and closure relationships)
 - h) Reactive flows (particularly multidimensional, transient and near limit condition phenomena)
 - i) Non-continuum situations (plasmas, free-molecular and slip flows)
-
- a) RISC based workstations with high resolution graphics
 - b) Massive Parallel Computers
 - c) Supercomputers
 - d) Parallel/Vector Programming
 - e) Symbolic Manipulators

Table 14 Critical thermal phenomena related to multiphase thermal phenomena

TECHNICAL AREA	EXAMPLES
BIOENGINEERING AND BIOTECHNOLOGY	<p>Cryopreservation Multiphase transport (solid-liquid) during continuous processing of particulate food Mechanisms causing alteration or damage to biological systems at interfaces</p>
ENERGY	<p>Freezing-thawing thermal storage systems Spray combustion Vapor generation Direct contact heat and mass transfer processes Geothermal heat transfer Circulating fluidized beds Particulate-laden flows Multiphase flow in channels of complex geometry Chemistry and transport phenomena associated with fouling of heat exchangers Molecular level transport phenomena at solid-fluid and liquid-vapor interfaces</p>
ENVIRONMENT	<p>Steam injection for removal of hazardous wastes from soils Evapo-transpiration in vegetation Salt fingering Gas stack cleanup - SOX removal using absorbing particles</p>
MANUFACTURING AND MATERIALS PROCESSING	<p>Crystal Growth Thin film deposition Particle laden or fiber-laden flows in composite materials Melting/vaporization during laser cutting Frictional heating at tool-workplace interfaces Extrusion processing and molding in polymers Powder processing</p>

Table 15 Critical thermal phenomena related to thermal processing of engineering materials

TECHNICAL AREA	EXAMPLES
BIOENGINEERING AND BIOTECHNOLOGY	Materials which are biocompatible for medical instruments and for prosthetic devices
ENERGY	High temperature industrial furnaces Cryogenic heat exchangers Ceramic matrix and metal matrix composites for high temperature heat exchangers, engines and structures Graphite-copper radiators High conductivity plastics for heat exchangers Inert, high conductivity material coatings Reasonable cost, low dielectric, non-fouling, non-corrosive heat transfer fluids
ENVIRONMENT	CFC substitutes Development of alternate fuels
MANUFACTURING AND MATERIALS PROCESSING	Weldable thermoplastics Machinable metal matrix composites Sintering and laser sintering Superconducting interconnects for electronics applications Adjustable thermal expansion substrates

Table 16 Critical thermal phenomena related to ultra large and ultra small technology

TECHNICAL AREA	EXAMPLES
BIOENGINEERING AND BIOTECHNOLOGY	Hyperthermia treatment of cancerous tumors (1 to 100 mm in size) Understanding of phenomena occurring at sub micron scale Miniaturization of instrumentation to reduce invasive effects
ENERGY	Natural convection in large systems Micro-gravity heat transfer for space applications Performance prediction in ultra-miniature heat exchangers
ENVIRONMENT	Ocean circulation Energy and mass transfer at the ocean-atmosphere interface
MANUFACTURING AND MATERIALS PROCESSING	Thin film formation and control Microelectronic soldering Crystal and dendrite growth during solidification Super-conductor crystal growth

第30回日本伝熱シンポジウムを終えて

準備委員長 前田昌信（慶応義塾大学）

平成5年5月26～28日横浜開港記念会館で第30回日本伝熱シンポジウムを開催しましたが、発表論文349件、参加者1000余名を集め、我田引水式の表現ながら予想以上の成果であったと思います。何よりもまず第一に、学事、企業のお仕事の忙しいなか時間を裂いてまで奔走し、準備を進めて戴いた委員の方々に深く感謝したいと思います。

巡りめぐって8年、大阪のあと関東地区だが、と当時の会長、小竹先生に福岡の大会の食堂でお話があったように記憶します。ただ、学科主任やその他の雑事に追われていて頭が回らなかったことや、関東地区と言っても広く、また、錚々たるメンバーが居られるので、まずは世間話とひと事に軽く承っております。考えてみれば東京ではすでに何回もおこなわれ、また、会場費高騰の折から東京以外と云う事で横浜地区に白羽の矢が立っていたのではないかと思います。出張からかえると学会から正式に準備を横浜地区でやりなさいというお話が入ったということ、慌てて横浜国立大学、鳥居、飯田両先生とご相談した結果、多少なりとも人手が多い慶応義塾で事務局を引き受けることとしてスタートしました。

大阪シンポジウム会場で飯田先生に横浜で引き受ける旨宣言して戴いたのではありますが、福岡、大阪と立派な会場と運営があった後のバトンタッチは少々辛いところがありました。東京は会場が高いからと云う事ですが、横浜も大同小異ということであります。まずはホテル以外でどこか会場を探そうとしましたが、大きいところがなく、多少、候補になるようなところも問い合せてみると、宴会をやってくれれば、．．．と言う返事でありまして、．．毎日、朝から懇親会というのも疲れる話でありました。頼みの綱の「みなとみらい21」もこれからオープンと言うのにすでに予約が入っており、いい季節は塞がっていますとの返事であり、2000年の予約も入りますよという追い打ちを聞いて唖然としました。もっとも予算も概算で350万円は下らないというので、骨を折って会場を空けて下さろうとした関係者の方にもお礼だけ述べて引き下からざるを得ませんでした。ホテルもアカデミックプライスの室料で多数泊っていただくならば会場費も安くしてもらえる話もなきにしも非らずでした。しかし、会員は東京を中心にベースをお持ちの方が多く、こちらの希望するホテルに泊って戴ける保証もなくリスクを伴うので見合せました。

ここで、発想を変え、究極の切り詰めをしよう。鳩首協議の結果、それには参加者の方々にも多少の不便を負って頂き、お叱りを覚悟してやろうということになりました。会場については公民館を狙うと云う事で今回使用させてもらった開港記念会館に頼みにゆく事にしましたが、予約申込みは3ヵ月前からというので部屋の確保は危ない綱渡りでした。飯田先生の伝手で横浜市から館長さんにお話を通してはもらいましたが、硬骨漢の館長さんなかな

か手ごわく、市民のための公民館を団体に何日も貸す事はできないとおっしゃって、イエスが
でず、何処か他の会場を自腹きって借りざるを得ないかとも思ったりしました。しかし、順々に、この会は省エネルギーや、温暖化、公害の種々の問題を地味に身銭きってまで世のため人の
のためと研究している人の集りであり、ここで開催する事は横浜市の名誉でもあるとお話した
ところ、判って戴け、ゴ-サインを出せた経緯があります。他の会場を一つ追加しましたが、
費用はみなとみらい会場の十分の一以下であり、第一難関突破です。次の難関は印刷費でした
が、印刷会社のセールスの方に印刷技術の講義をしてもらい、如何にすれば体裁を落とさずに
安価に出来るかを詰めました。これには多分に学生諸君のマックによる編集技術と大変な労力
に負った事によるのですが、アルバイト料を目一杯払ったとしても安く仕上がる計算になりました。
第3に巧く行った理由は何と云っても講演論文の数の推定でしょう。委員は過去の推移
から、また、大阪の時は企業の方の講演が増えている事に気が付き、100減のほぼ350件
を予想しました。現実には349件だったので大当たりというところですが。これから参加者は8
00と踏みましたが、現実には1000を越え、逆に嬉しい悲鳴をあげたものでした。

最大の問題はセッション作りでした。会館の構造で広い部屋の数がなく如何に参加者を大き
い部屋に導くかということでした。これには従来参加者の多いセッションを選びラポーター形
式を採用する事を検討しました。このシステムを採用するにあたってはラポーターの負担に頼
る割に発表者が欲求不満にならないよう、しかも時間がセーブされねば成らなかった訳で、朝
早くから夕刻遅くまで発表のセッションを作らねばならないせばつまった状況になれば採
用しなかったと思います。しかし、ラポーター座長を勤めて戴いた方々の御苦労は大変なも
のでしたし、また、そのセッションに快く参加して戴いた講演者の方々に心からお礼申上げるし
だいです。

会場が先に述べましたように公民館であり、開館が講演寸前の時間であり雨が降ったら外で
待つ来場者の方々をどうするか、知恵も無く週間天気予報をみて希望を繋いでおりました。案
ずるより産むが易しとか、皆様の対応がすばらしく、また、会場の古めかしい格調が気に入っ
て戴いた方も多く、会場選びは成功だったと自己評価しています。懇親会はがらりと雰囲気
を変えて明るい近代的な部屋で中華にしました。これも横浜に詳しい委員諸氏の選択眼に負う
ところで食事の出方も過不足なく御満足が得られたことと思います。

総予算は他を切り詰めた結果、郵送費の大きさが浮き彫りになりました。今後、更に、学会
で御検討戴く課題だと思えます。

今回のイベントには関東支部望月先生の御提案で30回伝熱シンポジウム記念講演会と銘打
って共催することにし、国内外から講師を招き前日に挙りました。内容については望月先生
より報告があると思うのでここでは省略させていただきますが、運営としては数多い参加登録
を消化するのに助けになりました。

今回、多少神経質に(演技ではありません)大変だと事務局幹事と共に騒いませいでしょ
うか運営には横浜を取り巻く大学、企業の方々の献身的な御協力があり、手作りのシンポジウム
ができたように思えます。改めて感謝の意を誌面に述べて報告のノにさせていただきます。

第30回日本伝熱シンポジウム準備委員会・総務を担当して

菱田公一（慶大理工）

机の上にある一冊のファイル、表紙には「第30回伝熱シンポ準備」と書かれている。最初の資料の日付は1991年7月3日、2年前の九州で28回のシンポジウムが終わった直後から準備が始まった。それがこの原稿と残務処理とで終わろうとしている。内心「やっと終わった」という気持ちである。ここで今回の裏方としての感想を述べさせていただく事にする。

最初の仕事は今までの資料集めである。これは前回の大阪の準備委員会の方に有用な資料を頂いた。また、これまでの準備委員会の残された資料は大変心強いものであった。準備の日程などは非常に参考になった。この場を借り心よりお礼を申し上げたい。

会場選びは予算の関係で大変苦労した。委員会を発足させる前に合宿の形式も検討した。静岡県の修善寺のセミナーハウスでは参加者が全員宿泊すれば会場費は無料で行える等の交渉も行ったが、結局、小規模であれば可能であろうが、諸事情を考慮すると無理という結論になった。これには参加者の数が確定できないの一番の問題であった。横浜の「みなとみらい」のパシフィコは新しくて立派であるが、とうてい費用の面で問題外であった。一部には企業からの寄付を募ってはどうか等の意見もあったが、原点に戻ってシンポジウムを開く事で、公共の施設を検討した。結果的に無理をしないで行った事は良かったと思う。

会場の横浜開港記念館は横浜市中区の施設で、一学会が数日占有するのを了解していただくのに前田委員長には相当苦労していただいた。ここはOHPやスクリーン等の設備は無く、ほとんど持ち込みでやらざる得なかった。さらに、会場で出たゴミの処理も我々で行わなければならない、毎日大きなゴミ袋を大学に持ち帰った。苦労は多かったが、手作りの感じがする良い会場ではなかったかと思う。

プログラムの企画は慶應義塾大学の森康彦教授が中心になって行っていただいた。ラポータセッションは準備委員会が出されたアイデアで、色々議論が重ねられたが、一度やってみようという事で企画した。講演数は当初350編と予想していたところ、349編の申込があり、予想的であった。開港記念会館では5室までしかとれないため、近くの100人程度の会議室を押さえた。徒歩で5分程度の所の公共の施設を使用した。参加者の皆様には何かと不便をかけた事を紙面をかりてお詫び申し上げたい。

講演申込からプログラムの作成、目次などすべてデータベースに入力した。申込時と原稿提出時の題目、著者名が異なるものも多く、チェックに相当の時間を要した。また、留学生等の外国の方の漢字がJISコードに無いものもあり、結構苦労した。

懇親会は東芝の石塚氏に準備をしていただいた。料理の内容については会場側と念入りに相談していただいたおかげで、大変良かったと皆さんにお誉めを頂き安心した。会場の担当者が料理がこんなに早くなくなる宴会は珍しいと驚いていたが、伝熱学会員のエネルギー源はここにありと感じた次第である。

最後に、これから更に発表件数が増えるにしたがい、事務局の負担は加速度的には増える事になろう。会員の小さな心遣いでこれらは軽減出きる事も多いので、是非今後もご協力をお願いできればと思う。次回の北海道の準備委員会の皆様、ご成功をお祈りします。

ラポーター方式セッションの試行について
— 企画担当からの報告

森 康彦（慶応大 理工）

人の脳は、楽しかったことの記憶は長くとどめるが、つらかったことの記憶は速やかに消失させるようにできている、という話を聞いたことがあります。その真偽のほどはともかくとしても、伝熱シンポジウムが終わった後でその準備過程の記憶を辿るのは、私にとっていささか骨の折れる仕事ではあります。準備委員会の記録を頼りに、消えかかった記憶を掃き集めて、ラポーター方式セッションの企画のいきさつを書いてみましょう。

「ラポーターって何だ？」と不審に思われた方々もおられたようですが、だいたい *rapporteur* なるスペリングからして素直ではありません。もともとはフランス語からの借入語のようですが、語源の詳細は知りません。1974年に東京で開催された第5回国際伝熱会議が専らラポーター方式で運営されたという記憶をお持ちの方は、既に“しっかり中年”世代かそれ以上になっておられるはずで、昨年5月7日に開かれた第1回準備委員会の席上でこの言葉が初めて使われた際にも、「ははー…」という世代層と「なにそれ？」という世代層が識別されました。

そもそも伝熱シンポジウムとしては未経験のラポーター方式の部分的試行という話がもちあがった理由の一つは、会場として目星を付けた横浜市開港記念会館の部屋構成にあります。シンポジウムでA室として使用した講堂のみが十分に（というよりも過度に）広く、他の部屋は少々（あるいはかなり）狭い。したがって講堂に人を集めて他の部屋の過密化を防ぎたい、という極めて現実的な動機がありました。またそれと同時に、“数への恐怖”も動機になっていました。もし発表申込件数が前年の大阪のシンポジウムなみになったら、“屋外ポスターセッション（於 山下公園 - 雨天決行）”などということにもなりかねない。そこでラポーター方式なら数もかなり消化できるのでは、という期待もありました。6月8日の第2回準備会ではラポーター方式の得失をめぐって多くの議論がなされました。「研究分野によってはラポーターによる総括的報告が非常に有効と思われる状況が見られるが、最大の問題は、ラポーター方式の成否はほとんどラポーターに依存してしまうことにある」というような認識がここで得られたように思います。つまり、ラポーターに“人を得る”ことが第一の要件とされたわけです。また、当初の“多くの参加者を集めて数をこなす”という狙いは後退し、“ラポーター方式の利点を活かして充実した内容のセッションを作る”という意

図が前面に出て来ました。私を含む企画担当委員はこれを受けて、ラポーター方式セッションのテーマとラポーターの具体的検討を始め、そこでラポーターの候補に挙がった方々とは電話・ファックス・手紙のやりとりによってさらに検討を進めました。乱流や数値解析に関する複数のセッションの構成については、8月某日、本郷の学士会館分館において河村(東理大)、長野(名工大)、笠木(東大)の3先生の間で議論・調整をしていただきました。このような経過で9月の第3回準備委員会と伝熱学会幹事会には、後に「伝熱研究」No. 123に掲載された「ラポーター方式セッション(予定)」案が報告されて了解されました。

本年2月初旬、たまたま慶大理工学部では卒論提出/修論提出/卒論審査/修論審査と続かなかなりすさまじい状況の中で、お申込みいただいた題目/著者名に基づき、ラポーター候補の方々とファックス・電話のやりとりによって各セッションの構成を詰めていくという作業を行いました。この過程で、河村・尾添(九大)両先生にご担当いただく予定であった「対流伝熱の数値解析」のセッションを強制対流関係と自然対流関係の2セッションに分割することとなり、急きょ平井(阪大(当時))、斎藤(東北大)の両先生にラポーターとしてお加わり下さるようお願いすることとなり、突然の依頼にもかかわらずご理解を得ることができました。一方、予定に入っていた「混合冷媒の沸騰」は、当初より藤田先生(九大)が危惧されておられた通り、申込み題目から判断する限りラポーター方式セッションを構成するだけの件数が揃わず、取りやめることになりました。他の二つのセッション——「乱流伝熱の素過程」：長野・笠木先生、「遷移沸騰のメカニズムとモデル」：庄司・西尾先生(東大)——は予定通り実施することとなりました。

実際にセッションをどのように運営するかは、それぞれのセッションのラポーターの方々に全面的におまかせすることとしました。論文原稿が揃ったところでそれらをラポーターの方々にファックスでお送りし、私どもの仕事は一段落しましたが、それ以降ラポーターの方々の払われた労力は大変なものであったろうと拝察いたします。私自身はラポーター方式4セッションのいずれにも部分的にしか参加できませんでしたが、実施形式はセッションごとに微妙に、あるいはかなり、異なっていたように見受けられました。各セッションが、そして今回の試み自体がどのように評価されたか、追々知ることできるでしょう。

ラポーターを勤めていただいた先生方には改めて厚く御礼申し上げます。またこの場をお借りして、企画担当責任者のつたない仕事を終始叱責しつつ助けて下さった菱田準備委幹事(慶大)を始め、企画担当委員の方々、その他準備委員会の皆様にも深く感謝申し上げます。

これで伝熱シンポジウムのことをもっと忘れることができます。

第 30 回日本伝熱シンポジウム・ラポータセッション報告
「乱流伝熱の素過程 (シミュレーションとモデリング)」

長野 靖尚 (名工大)

乱流伝熱の素過程を、その構造と輸送機構から議論する前セッションに引続き、素過程のシミュレーションとモデリングを展開するセッションのラポータを、笠木伸英教授 (東大) と共に担当した。ここで言うシミュレーションとは、直接数値シミュレーション (DNS) のことである。DNS の手法には大別するとスペクトル法と差分法があるが、中でもスペクトル法は位相誤差もなく高精度乱流解が得られることが分かっている。壁乱流 DNS では、周期境界条件方向はフーリエ級数を、壁垂直方向はチェビシェフやヤコビ級数を試行関数とするアルゴリズムがほぼ確立しているし、自由乱流 DNS については Rogallo の巧妙なアルゴリズムがある。これらは乱流伝熱素過程のシミュレーションにおいて強力な武器となる。一方、差分法は多くの人にも馴染みのあるものであるが、NS 方程式の乱流解を得るには、一部の人が好んで用いる 3 次精度風上差分では不十分で、より高次の差分を用いる必要がある。スペクトル法ほど DNS としてまだ国際的に認められていないが、境界条件の制約がそれ程きつなく、スーパーコンピュータの性能向上や超並列計算技術の進展が予想される今後は、高次差分 DNS も着実にその地位を固めると思われる。本セッションでも乱流伝熱素過程 DNS は、スペクトル法によるものが多いが、高次差分 DNS によるチャレンジングな研究も発表された。

乱流伝熱の素過程のモデリングは、DNS データベースが利用できるようになり、ここ 2、3 年で急速に進展した。しかし、温度場を記述する時間スケールが速度場の時間スケール $\tau_u = k/\varepsilon$ なのか、温度乱れの時間スケール $\tau_t = (\overline{t^2}/2)/\varepsilon_t$ なのか、さて又混合時間スケール $\tau_m = \tau_u R^n$ ($R = \tau_t/\tau_u$) なのか判然としていない。ましてや圧力変動が関与する素過程のモデリングは、最難関として立ちはだかっている。このような状況の下で今回発表された論文は、多くの知見と示唆を与え意義深い。以下個別に概要を記し、ラポータの私見を述べる。

A141 「一様乱流スカラー輸送への非等方性効果」(松本他) は、一様乱流の温度乱れの減衰則を DNS (スペクトル法) で調べたもので、特に初期速度場の異方性、初期時間スケール比 $R = (\tau_t/\tau_u)_0$ 、およびプラントル数 Pr の影響を明らかにしている。速度場 ($\overline{u_i u_j}$, $i \neq j$ 成分) の等方化が遅いこと、また減衰初期は R の影響が極めて大きい等重要な知見を得ているが、これらが素過程の構造の何と結びついた帰結なのか明らかにするのが今後の課題であろう。A142 「不安定温度成層流下のチャンネル乱流の直接数値シミュレーション」(飯田他) は、水平チャンネル乱流伝熱における浮力効果を DNS (スペクトル法) で調べたものである。スペクトルモード数はまだ十分とは言えないが、現在この種の DNS データベースは欠如しているので、貴重な研究である。グラフホフ数が大になると逆勾配拡散が発生することや、粘性底層での乱れエネルギーの減少、緩和層での非等方性の増大など生成、再分配、散逸等の素過程への浮力効果が示唆されたが、これらのダイナミクスを担う準秩序構造が如何様に変質するのかを是非解明していただきたい。A143 「吹き出し・吸い込みを伴うチャンネル乱流の輸送機構」

(住谷他)は、ガスタービン翼の吹き出し冷却や境界層剥離防止の吸い込みなど工学的に重要な代表的乱流(伝熱)制御のDNS(スペクトル法)による基礎研究である。表面摩擦抵抗とヌッセルト数が吹き出しにより減少し、吸い込みにより増加することを確認した上で、乱流統計量の詳細なデータを求めている。これらのDNSデータは、今後乱流モデルの検証や構築において有用であることは言うまでもない。吹き出しは縦渦構造の生成を助勢し、吸い込みは生成機構を抑制することなど、通常の実験では得難い乱流構造の変化が明らかにされている。今後は、これらの知見を基に壁乱流準秩序構造の生成と維持機構を統一的に説明する理論の構築へと、果敢に挑まれることを期待したい。A144「液相および気相の二次の化学反応を伴う乱流場の3次元直接数値計算」(小森他)は、反応を伴う二成分乱流混合の高次差分によるDNSである。この現象解明は工学的に非常に重要であるが、実測(特に気相中)は困難を極め、数値実験(DNS)が残された唯一のアプローチである。境界条件を考慮すると、スペクトル法は無理で高次差分(本研究では拡散項は4次精度中心差分、対流項は5次精度風上差分)に依らざるを得ない。結果は良好で、実測値のある液相反応系は実験の知見を完全に再現している。気相反応系についても乱流諸量の挙動を明らかにし、今後の研究の指針を示した。差分の誤差解析等まだDNSとしてチェックすべきことが残されているが、複雑乱流の輸送機構解明の数値実験の見本となるよう更に発展されることを期待したい。A145「DNSに基づく $k-\varepsilon$ モデルの評価と再構築」(Youssof他)は、DNSデータベースを効果的に利用して素過程のモデリングを行ったものである。 ε -方程式では、式中の \bar{U}_i 、 k にDNSデータそのものを真値として与えて ε のみを未知数として解き、求まる解 ε がDNS値に一致するようモデルを再構築した。このようなアプローチは、DNSデータが無い時代には不可能なことである。再構築した ε -方程式を基に、 k -方程式も解がDNS値に合うよう既存モデルの不合理を改めている。特に、圧力拡散項のモデル化にはDNSデータの知見が100%反映されている。逆圧力勾配乱流や剥離・再付着流など複雑乱流へのモデル適用が次の課題であろう。A146「乱流スカラーフラックス輸送方程式モデルに関する基礎的研究」(鹿園他)にも、DNSデータベースは非常に有効に活用されている。乱流熱流束方程式モデルにおいてモデリングが最難関とされている温度・圧力勾配相関項を、 Pr 、 $R (= \tau_t/\tau_u)$ 、 $R_t (= k^2/\nu\varepsilon)$ の影響を考慮し、かつ変動量間相互相関係数をベースに極めてユニークなモデルを構築した。従来無視されている散逸項も、低ペクレ数条件を加味してモデル化している。乱流伝熱の素過程のモデリングでは、速度場の情報が正しく入っていなければならない。本研究でも、速度場のDNSデータを既知(真値)として与え、温度場のみモデリングを行っている。DNSデータが、新たな乱流モデルを構築するに当たって、極めて有益なのは本研究でも明白である。今後は、レイノルズ応力方程式モデルの未知項も同様な視点からのモデリングを行い、既存モデルの弱点を克服した新モデルの開発を期待したい。

以上本セッションでは、乱流伝熱の素過程のDNSとモデリングで極めて学問的価値の高いものが報告された。しかし、乱流伝熱の素過程に関するDNSデータベースはまだ十分とは言えず、その蓄積は急務である。本年度より発足した文部省科研費・重点領域研究「乱流の数理モデル」が効果的に機能し、乱流伝熱の研究が一層進展することを心より期待する。

第30回日本伝熱シンポジウム・ラポータセッション報告： 『乱流伝熱素過程（構造と輸送機構）』

笠木 伸英（東大工）

標記セッションのラポータを長野靖尚教授（名工大）と共に担当した。乱流伝熱に関わる発表予定論文の中から、事前に関連の5編の研究論文を選ばせて頂いた。いずれも剪断乱流、特に壁乱流の構造と輸送機構に関わる基礎的課題を取り上げている。壁乱流の大局的構造は、内層、外層に分けられ、さらに粘性底層、緩和層、対数領域、伴流領域など、特徴のある領域から成立し、各領域の基本的な統計量に対してはスケーリング則が確立されている。これらの領域は各々に際だった特徴を有しているが、領域間には相互の力学的な干渉が存在する。一方、乱流場の内部構造は、流れに特有の準秩序的な乱流構造に担われていることが、最近の新しい実験計測、数値シミュレーションから具体的に明かにされてきた^[1,2]。特に、DNSデータベースを利用した壁乱流の構造解析の進展と共に、低速ストリーク、イジェクション、スウィープ、渦構造（ヘアピン渦、馬蹄渦、フック渦、縦渦）、高剪断層、大規模渦運動などの詳細が明かにされつつある。例えば、低速ストリークのスパン方向平均間隔は約 $100v/u_{\tau}$ （ v : 動粘性係数, u_{τ} : 摩擦速度）、流れ方向の長さは $1000v/u_{\tau}$ 以上にも及ぶ。また、壁乱流の機構を中心的に支えていると考えられる傾いた縦渦構造は、そのコア部分が直径で $25\sim 35v/u_{\tau}$ 、流れ方向に $150\sim 250v/u_{\tau}$ 、高さ方向に $100\sim 150v/u_{\tau}$ のスケールを有しており、その形状を保って流れ方向に $1000v/u_{\tau}$ 以上にわたって流下することが知られている。このような背景の下で、発表された論文は各々乱流伝熱の素過程に関与する興味深い内容を含んでいる。以下にそれらの概要と私見を述べる。

A131『DNSデータベースを用いた乱流構造の動画化』（黒田他）は、チャンネル乱流の縦渦構造とストリーク構造の非定常挙動を、バッファ層の対流速度で移動するフレームから観察するという新しい試みを報告している。その結果、ストリーク構造の下流端に縦渦構造が形成される頻度が高いことなど新たな知見を得ているが、従来の実験的知見との注意深い比較、現在まで蓄積されている準秩序構造に関する知識体系の中での位置付け、あるいは渦構造の再生成機構との具体的な関連などについて、今後の進展を期待したい。A134『二重円管内乱流における細い内管まわりの流れ場と温度場のLESによる可視化』（河村他）は、細い内管上の壁乱流の状況を可視化したもので、縦渦構造を含めた3種の特有の渦構造を指摘している。二重管の内管上の乱流には一種の低レイノルズ数効果が伴うことが知られているが、視点を変えると、壁乱流に対する横幅方向の壁面曲率の効果、そして内管が極めて細い場合には横幅寸法が有限となった場合の壁乱流の挙動を観察するという意味があり、そのような視点から壁乱流の自立機構に対しても何等かの示唆が欲しかった。A133『バーストの時間・空間スケールを考慮した外的摂動による乱流の増幅』（吉田他）は、従来からユニークなアプローチによって乱流現象の制御を試みてきた著者らの新

たな試みである。低速ストリークの平均間隔で壁面にスリットを設け、いわゆるバースト周期オーダーの周期で吹き出し・吸い込みを行った結果、一種の共振現象が生じ、乱れの増幅が観察されたとの報告である。将来のアクティブ制御への展望を有する興味深い研究と言えるが、外乱の時空間スケールの選択（バースト周期の意味は現在も必ずしも明確でない）の力学的妥当性、あるいは共振現象と壁乱流秩序構造との関連は十分に明かではない。乱流構造の長さ・時間スケールは広い確率密度分布を有するので、簡単でも何等かのフィードバック機構を組み入れられないものかと感じる。A132『乱流温度境界層の外層の間欠構造』（佐藤他）は、精度の高い円管内乱流の熱線計測を続けてきた著者らの新たな計測結果の報告である。十分発達した円管内乱流中に壁面加熱の開始と共に発達する温度境界層が研究対象であるが、この場合運動量と熱の輸送過程には相似性が期待できず、一方温度境界層外縁は乱流構造の瞬時界面をシャープに浮き彫りにしている状況が想像できる。温度変動の確率密度や速度の領域平均が、局所の温度境界層厚さを代表スケールとして相似性を示すという報告は興味深い。その事実が壁乱流の構造や輸送機構のどのような具体的側面に立脚したものなのか、将来の検討を期待したい。A135『シアアの動く風波気液界面を通しての熱移動機構』は、海洋の炭酸ガス吸収に関連した基礎実験を高度の計測技術を駆使して行った結果を報告している。界面シアア強度に応じて自由液面の流動状況が変化し、それに伴って液側の乱流構造が変化し、結果として熱伝達率が変化するという機構を説明し、従来の定説に誤りがあることを指摘している。研究対象は、自由界面という固体壁と異なる（スリップを許す）境界条件を課せられた壁面剪断乱流として捉えると興味深い。著者らのDNSの結果も合わせて、今後剪断乱流の自立機構にも示唆が得られるのではないかと期待する。

以上の論文発表を総括して、乱流構造とそれらに担われる輸送機構に関する研究について、以下のような展望と課題が指摘できる。まず、今後さらに種々のタイプの乱流伝熱に関するデータベースを拡充することが望まれる。例えば、流れの加減速、流線曲率、剥離・再付着などを始めとする種々の影響因子を伴う乱流のデータベースが挙げられる。また、膨大なフィールドデータを効率良く解析するための手法の開発・改良が必要であろう。その上で、複数の準秩序構造間の時空間的位相関係、準秩序構造に伴うエネルギーや応力・フラックスの素過程、秩序構造間の力学的な因果関係の解明が必要であろう。特に、力学的な因果関係の解明のためには、新たな乱流機構の物理モデルの構築や基礎理論の応用が望まれる。基礎的課題の達成によって、準秩序構造に基づいた乱流輸送現象の新たな制御原理・技術の開発が進展することを期待したい。

参考文献

- 笠木, 1993, 壁面剪断乱流の構造と輸送機構, 伝熱研究, Vol. 32, No. 124, pp. 37-50.
Robinson, S. K., 1991, "Coherent Motions in the Turbulent Boundary Layer," *Ann. Rev. Fluid Mech.*, Vol. 23, pp. 601-639.
伝熱研究 Vol. 32, No. 126

ラポータセッション「対流伝熱の数値計算（強制対流）」を担当して

河村 洋（東理大）

平井秀一郎（東工大）

今回我々が担当させていただいた発表は8件であったが、その内5件は乱流モデルに関するもの、残りの3件は非定常流れを解いて伝熱特性との関係を議論されたものであった。

乱流モデル関係のうち、A151は、マルチタイムスケールによる $k-\varepsilon$ モデルに関するものである。現在の一般の $k-\varepsilon$ では、1つのタイムスケール（すなわち k/ε ）のみが用いられているが、いわゆる大きな渦から小さな渦へのエネルギー輸送を考慮したマルチタイムスケールのモデルは、1979年にHanjalić-Launderによって提唱されたが、今回の発表はこれを固体表面にまで拡張したもので、DNSと比較して良好な結果が得られている。これについては、固体表面上境界条件におけるマルチタイムスケールの考え方や、レイノルズ数依存性について議論があった。

A152は、長い円管内における旋回流を扱ったもので、従来のLRRモデルではうまく表現できなかった旋回の減衰特性について、モデルに改良を加えることにより、良好な結果を得たものである。モデルの改良点は、直角座標以外で表されたときに対流項中に現れる生成項的な働きをもつ項に対して等方化効果を導入したものであるが、Launderら(1989)も類似の考えから対流項全体に対して等方化効果を導入しており、両者の差異が議論された。

A153は、流路内で異なる流速の流れが混合するときの境界層剥離を伴う流れを、実用的な観点から、壁関数を用いて解析しようと試みたものである。壁関数として、壁面近傍のせん断力の勾配を考慮した改良型を用いたが、今回の検討の範囲では全体の結果に大きな影響はなかった。乱流モデルにとって、剥離を伴う流れの解析は、今後の大きな課題になっている。

A154は、鉛直管内超臨界圧水における熱伝達の劣化現象を、 $k-\varepsilon$ モデルを用いて解析し、劣化の原因が高レイノルズ数領域では大きな物性値変化の影響、低レイノルズ数領域では一種の層流化に起因することを見いだしたものである。通常流体の共存対流におけ

る伝熱劣化の問題は、田中宏明（昭61）によって解析されており、今回両者の間に統一的な理解が可能であることが示唆された。

A 155 は、正方形管内乱流に対し、一面あるいは二面が粗面である場合の二次流れのパターンの変化を、乱流モデルの壁関数に粗面効果を導入することにより、十分良好に再現したものである。この解析結果を用い、二次流れパターンの変化原因について興味ある討論がなされた。

A 156 では、鈍頭平板まわりの剥離、再付着を伴う流れと熱伝達を5次精度の風上差分を用いて非定常解析を行い、渦の成長、放出過程や渦運動と熱伝達促進機構の関連について明らかにしている。実験値および従来の計算結果との相違点について、流れの2次元性、3次元性との観点等から議論がなされた。

A 157 は、QUICK法を用いて後向きステップ流れの非定常熱伝達について解析を行い、 Re 数や流路拡大率により、流れが定常、非定常になり、非定常の場合の渦運動により生じる熱伝達の促進機構について明確にしている。また、渦により局所的瞬間的に摩擦係数の減少と伝熱促進が得られる瞬時の熱および運動量輸送の非相似性について示され、瞬時の場合に現れる非相似性が時間平均した場合にどうなるか等について議論がなされた。

A 158 は、ラム燃焼器のVガッタ（保炎器）後方で形成される大規模渦を伴う流れを標準的な $k-\epsilon$ モデルの非定常解法により解析したものであり、LDVにより計測した保炎器下流の周期渦の卓越周波数に留意して時間刻み等の設定を行っている。その結果、定常解法では得られない大規模渦運動による混合状況や、渦と壁面との干渉効果が示されている。高 Re 数型のモデルや壁関数を用いることの妥当性等について議論があった。

本セッション全体を通しての印象は、まず乱流モデルについては多様な流れについて詳細な検討が行われるようになったとの印象が強いが、今後さらに”伝熱”の観点を含めた方向への発展が望まれる。非定常流れにおける伝熱解析については、計算機の発達により、2次元では非常に細かいメッシュの計算が可能となり、流れと熱伝達の関連性等について大変興味ある知見が得られるようになった。今後は、3次元計算への進展が期待される。

今回ラポータセッションを担当させていただき、我々としては大変良い勉強をさせていただいた。しかし、おそらくご発表者の各位には、十分に意を尽くせなかったとの思いが残ったことと存じ、その点、ご容赦いただきたい。筆者らのセッションはいざ知らず、他のセッションではラポータを通して、その研究の位置付けや論点がより明確に理解できた面も多かった。他方、討論については、ラポータのコメントに限られた時間内での討論の方向を決めてしまう傾向も否めない。今後、ラポータ方式をどのように位置付けていくかを考えるにつけても、各位の率直なご批判を承りたい。

本セッションの成り立ちは当初、準備委員会より、対流伝熱の数値計算（ラポーター；河村洋、尾添紘之）ということで話があったが、強制対流と自然対流別々にやりたいということで、自然対流については、東北大齊藤武雄先生と私とでラポーターを勤めることになった。また本セッションに入れる論文の条件として、自然対流と数値計算という二つを満足することが確実なものを、申込み題目とキーワードだけから判断して選択された由である。したがって他にもこの二つの条件を満たす講演論文はあったと思われるし、当初の企画で目指されたであろう「自然対流の機構を数値解析によって明らかにしようという論文」は他にもっと適切なものがあると思われた方もあるかもしれないが、このような事情をご推察御意願したい。以下各論文の内容の簡単な紹介を記させていた

C121 タイムスペース法を用いた高速数値解法—性能評価（東北大、五味達彦、齊藤武雄）

本報告は著者らが先に報告したタイムスペース法、つまり、時間微分も空間微分と同じように取り扱って数値計算しようという新しい手法を不等間隔格子に拡張した例を報告されたものである。その有効性を試す例として、（例1）正方形2次元断面内の自然対流と、（例2）融解を伴う2次元自然対流が取り上げられている。例1で不等間隔格子を用いると $Ra=10^6$ ではcpu timeが1/5になり、陽解法と比較すると1/15になる。さらに融解問題の場合には $Ra=10^7$ の時、陽解法に比し、1/571に高速化される由である。基本的には差分式を緩和法により解き、緩和係数 α を差分格子の分布に応じて、異なる値を与え、打ち切り誤差の分布を均一にするということであるが、具体的にどのように α をあたえるのかは記されていない。タイムスペース法によるエネルギー式の差分形は著者らの論文(6th International Symposium on Transport Phenomena in Thermal Engineering, Seoul, May 9~13, 1993, I-53)に記されている。打ち切り誤差の分布から格子分割を最適にすることが出来る由であるがこれも詳細は不明である。また未来の境界値 τ を予め知る方法はあるのか、そこでの境界条件はどう与えるのかも不明である。極めて有力な方法を開発されたようであるので、使用方法について、早い機会に公開されることを希望する。

C122 球周りの自然対流熱伝達問題の数値解析（東北大、高橋ひとみ、齊藤武雄）

加熱等温球まわりの層流自然対流を解くために、充分大きな領域として内球の600倍の大きさの外部冷却等温球殻を設定し、4次精度の差分近似で解かれたもので、本解が基準解であると主張されている。半径方向は指数変換により、不等間隔にしてある。計算解は $Pr=0.71$, $Ra=10^3, 10^4, 10^5$ で、格子数は半径方向115×周方向90および80×90の二種類を用い、これら2つの格子で得られたNu数を外挿式（その導出は不明）で与えている。これは従来の弓削による実験式と比較し1.4~7%低く、藤井らによる $Ra=100$ の局所Nu数分布解より2%低い。本解が基準解であるかどうかの追試を

著者は希望している。

C123 浮力駆動流の支配方程式と解の特性 (名工大、H. Mlaouah、服部康男、辻俊博、長野靖尚)

著者らは鉛直加熱平板上の空気の乱流自然対流境界層の実験的測定をしていて、熱膨張による乱流運動エネルギーの生成(圧力変動を介した直接変換)を見出し、これを説明しようとするがブシネスク近似式ではできないとして、新しい近似式を提案したものである。最終的には従来の Boussinesq 近似式と異なるところはいわゆる連続の式を下記の式に変えることでいいということである。

$$\nabla \cdot \mathbf{v} = \alpha \beta \nabla^2 T$$

ここで α =温度伝導率、 β =体膨張率、 \mathbf{v} =速度、 T =温度、このような近似式は1879年 Oberbeck が既に与えている由である。等温加熱鉛直平板上の自由対流の問題では、藤井らの相似解と本解がよく一致し、ブシネスク近似解($\beta \Delta T_0 = 0$)よりよいとしている。正方形断面内2次元自然対流(側壁等温加熱・冷却)を $Ra = 10^6$ 、について解き、非対称な解が求められた。 $\nabla \cdot \mathbf{v} \neq 0$ ため質量保存則が満たされるのかという疑問が提出された。いずれにしろ、ブシネスク近似式に慣れた我々に大きな一石が投じられたことは確かであろう。

C124 ガスふく射を伴う密閉空間内自然対流に関する数値解析 (宇都宮大、秋山光庸、黄凱、杉山均、二宮尚)

閉空間内にふく射に対して非透過性のガス(CO_2 , H_2O 等)が存在する場合自然対流以外にふく射の寄与を連立して解く必要が生じる。本報告はこれを理論的に取り扱ったもので基礎方程式が提示され、555Kにおいて $Pr = 0.686$ のガスを例として、ふく射の有無の違いを示す計算例が報告された。ふく射を考慮することにより2次元断面内コア部分の流速値の上昇が認められた。また光学厚さが大きい場合、高温壁近傍で流体がふく射熱を吸収し、流体温度が上昇した。グラスホフ数が小さい方が相対的にふく射の効果が大きい等の興味深い知見が得られた。

C125 低プラントル数流体のベナール対流の実験と解析 (九大、釜場寛、尾添紘之)

流体金属に代表される低プラントル数流体が工業的に取り扱われる機会が多いが、この流体のベナール対流の場合、その臨界状態近くの特性について、多少混乱がみられるので、実験と数値計算を試みたものである。実験にはガリウムを用い、上下壁温度差の1割近い温度振動が観測され、ある巾をもった $Nu-Ra$ 関係を得ている。一方、2次元正方形断面内のロールを対象に数値計算し、差分誤差をゼロに外挿して得られる $Nu-Ra$ 関係は線形解にはほぼ一致した。また $Pr = 0.0003$ の場合、みかけ上の臨界レイリー数は1708よりずっと大きい2500程度にも上昇した。

以上が5件の報告の概要である。ラポータ方式では著者が発表しないので、著者には不満が残ると思われるし、一方、ラポータは著者以上に知り得ることは稀であり、著者のかわりに発表するのは勉強にはなるが、かなり負担である。したがって、ラポータをやるにしても、10分程度に、極く概観を述べるにとどめ、その前又は後で著者が5~7分自ら、その主張したいところを発表する機会を与えるのがよいように思われる。

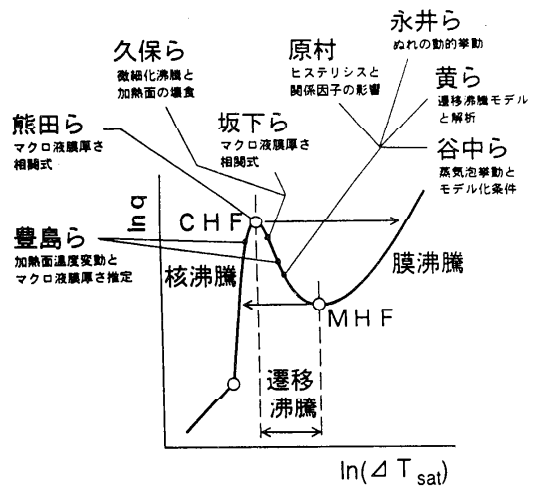
庄司正弘（東大工）

西尾茂文（東大生研）

本セッションでは、8件の研究発表があった。セッションの割当時間は140分であり、ラポーターによる各研究内容の紹介に40分、各研究者による個別の補足説明に20分、都合1時間を研究内容の紹介に使い、残り80分を討論および質疑に用いた。討論では、遷移沸騰に関わる主要話題として、モデル化における問題ならびにマクロ液膜に関する問題の2つのテーマを選んで先ず総合討論をおこない、その後、個々の研究に対して質疑、討論をおこなった。マクロ液膜に関する討論に先立ち、甲藤・横谷により撮影された加熱面上の気液挙動の高速度写真（ビデオ化したもの）が放映された。

先ず、8件の研究内容がラポーター（庄司）により一括紹介されたが、それらは概ね3つのグループに大別される。A231の原村（神奈川大）の研究およびA234の久保・梅原・熊谷（東北大）の研究は伝熱特性あるいはそれに付随して生ずる現象についての研究である。A235の坂下・熊田・安田（北大）の研究、A236の熊田・坂下・小谷（北大）の研究、A237の豊島・前田・庄司の研究はマクロ液膜に関する研究であり、A233の永井・西尾（東大）の研究は加熱面のぬれと固液接触の問題を扱ったものである。A232の黄・田中・庄司（東大）の研究はマクロ液膜の消耗に基づいて遷移沸騰をモデル化したものであり、A238の谷中・黄・庄司の研究はA232の黄らのモデルの基礎事項について実験的に検証したものである。右下の図はそれをまとめたものである。

各研究の内容および主たる結論あるいは結果はおよそ次のようなものとなっている。原村（A231）は、遷移沸騰のヒステリシス（過熱度を上げていった場合と下げていった場合で遷移沸騰曲線に差が現れるか否かの問題）に関し、加熱面のぬれ性（接触角）、加熱面端部の影響、過渡性に注目して実験的に検討し、基本的にはヒステリシスは存在しないと結論している。久保ら（A234）は、高サブクール下で生ずる気泡微細化沸騰時の加熱面の壊食に関し、壊食状況をSEM観察して熱流束との関連を調査し、壊食度は熱流束と密接に結びついていること、気泡の崩壊は慣性崩壊（レイリー型の崩壊）と理解されることを明らかにしている。熊田ら（A236）は、水平向きおよび垂直加熱面を用い、水、エタノール、メタノールの限界熱流束ならびに合体泡の離脱周期を測定する一方、気泡（1次、2次）の合体によるマクロ液膜構成モ



デルから液膜厚さに関する相関式を導いて実験と対比し、高発泡点密度の高圧領域において適用できる相関式を導いている。坂下ら（A235）は同様の扱いを遷移沸騰についておこなったものであり、垂直加熱面の限定空間で水およびエタノールの準定常遷移沸騰実験をおこない、遷移沸騰曲線と核沸騰曲線は密接に関連していること、マクロ液膜厚さは1次気泡の合体を考慮して導いた相関式でよく整理されることを示している。豊島ら（A237）は、直径50 μm 、長さ0.8mmの微小な白金細線を加熱面、温度センサーとして用いて核、遷移、膜沸騰を実現し、加熱面温度変動を測定して遷移沸騰におけるマクロ液膜厚さを求めている。永井ら（A233）は、遷移沸騰モデル構築のための基礎データを得ることを目的に、サファイア面でライデンフロスト現象の実験をおこなって固液接触の動的挙動を研究して、ぬれ面直径、ぬれ境界内の乾き点密度、ぬれ面積割合などの諸量についての情報を得ている。黄ら（A232）は、マクロ液膜消耗モデルに基づいて加熱面の温度変動、合体泡の離脱径、離脱周期、熱伝達を解析し、実験とほぼ一致した結果を得ている。谷中ら（A238）は、高速ビデオによって合体泡の成長、離脱、重心移動などについて詳細に調査し、空間平均モデルと実際現象の差を明らかにして、モデル化における留意点を指摘している。

討論においては、最初にラポーター（西尾）から遷移沸騰に関わる問題点の整理がなされ、その後まずヒステリシス現象に関し議論された。加熱面の温度が一定に保たれ、完全な定常状態が実現できれば熱伝達は一義的に定まり、したがってヒステリシスは存在しないこととなるが、有限の大きさの加熱面においては端部の影響が顕著であり、従来の議論はこの端部の影響を含んだ形でなされているため、充分大きな加熱面を用いた定常実験が必要であるとの指摘がなされた。

マクロ液膜については、マクロ液膜の考え自体が核沸騰あるいは限界熱流束における実験観察から導かれたものであること、したがってそれを単純に遷移沸騰へ拡張、適用することに疑問があるとの指摘があり、また、遷移沸騰研究に対する研究姿勢とも関連し、単純なモデル化で複雑な遷移沸騰が捉え得るのかとの意見、忠実な現象観察が何よりも肝要であること、時間観念を含まない沸騰曲線だけで現象の表現が可能かどうか、さらには整理式を導くといった研究方法はもはや前時代的であるなどの意見が表明された。こうした意見はいずれも極めて重要かつ本質的意见であり、今後われわれは充分に心に留める必要がある。

討論では、この分野の大家である西川、甲藤両先生のご意見を充分拝聴することができ、また現役の先生方の反論（？）あるいは意見陳述もあって貴重なものであった。しかし反面、若手の研究者にとっては討論に参加するのに若干気後れがする雰囲気でもあったようである。ラポーター方式は今年が初めての試みであったが、個々の研究者にとっては発表、質疑の時間が制約されたため、不満な部分であったとの感想も聞いている。今後もしラポーター方式でおこなう際は、こうした問題点の改善に努めることが必要であろう。最後に、今回のセッションにご協力いただいた発表者の方々、討論に活発に参加して下さった先生方、ビデオ放映装置の設置に配慮いただいた森康彦先生（慶應義塾大）に御礼申し上げます。

（文責：庄司）

重点領域研究「新素材の製造・加工技術にかかわる
マイクロ伝熱工学の展開（略称：新素材マイクロ伝熱）」について

代表者 棚沢一郎（東大生研）

ご存知の方も多いと思いますが、平成5年度から文部省科学研究費補助金の中に標記の重点領域が設定されました。タイトルらもお判りいただける通り、これは伝熱工学の新しい分野の展開を目的とするものです。本誌の紙面をお借りして、簡単に本重点領域の目的と内容をご紹介します。

現在、新しい機能や性質を備えた新素材が次々と開発されていますが、このような新素材を製造したり加工したりする技術は、あらゆる産業技術の基盤であり、わが国の産業の将来の発展も、材料の製造・加工技術の進歩に負うところがきわめて大きいと言えます。ところで、新素材の製造や加工においては、熱の関与するプロセスが重要な役割を演じています。多くの材料は、原料を溶融したり蒸発させたりした後、これを凝固させることによって製造されます。また、穴あけ、溶接などの加工においても熱の発生、材料の融解・凝固など種々の過程が含まれています。このような熱的過程、特に「伝熱」を十分に理解し、その理解の上に立って高度の制御を行うことは、新しい機能や特性をもった高品質の素材を作り出し、従来よりもさらに高精度の加工を行う上できわめて重要です。

、このような技術の向上において要求される伝熱工学は、単にこれまでの伝熱工学をその延長線上で高度化したものばかりでなく、原子・分子レベルあるいは結晶学的組織の大きさ程度のマイクロな現象をも記述できるもの、またきわめて精密な温度・熱流の制御を伴うものでなければならず、そのためには在来の伝熱工学の抜本的な変革が要求されます。

本領域では、新素材の製造・加工にかかわる伝熱現象について、上に述べたような新しい視点から研究を進めます。具体的な研究項目は次の五つです。

- (1) 凝縮過程の分子熱工学的研究
- (2) 凝固過程のマイクロ／マクロ複合モデリング
- (3) 凝固過程の高精度計測と能動的制御
- (4) 急冷凝固材料製造のための凝固過程の超高速化に関する研究
- (5) 超精密加工における融解・蒸発・昇華過程の研究

本領域は平成5年度に発足し、3年間継続の予定です。平成5年度には計画研究（23件）に加えて公募も行い、13件の公募研究の参加を得ました。平成6年度についても同じように公募を行う予定ですので、ご関心をお持ちの方はご準備下さるよう希望します。

ご承知の通り、日本伝熱学会は法人化を目指して、本年度から装いを新たに大きな一歩を踏み出しました。それに伴って、「伝熱研究」編集委員会も従来の旧地方連絡幹事による委員構成から形態がやや変わりました。編集出版部会が新たに設けられましたが、この部会の任務として①学会誌の編集、②論文集の編集、③学会誌、論文集を除く出版物の企画・出版等が挙げられています。この中の学会誌の企画・編集が本委員会の役目ということになります。この委員会のメンバーは坂口忠司編集出版担当副会長、編集出版部会長（芹澤）、工藤一彦、加藤征三、加藤泰生、増岡隆士、高島啓行の各担当理事、および五十嵐喜良、谷下一夫、山中晤郎、竹内正紀、森岡 斎の各評議員です。経験豊かな委員の方々ばかりなので、委員長は何もしなくてよいと言うことで（歴代の編集委員長はこれに該当しません）、編集委員長を受けさせていただきました。しかし、一度蓋を開けて見ましたら、土方総務担当副会長から今期編集委員会に多くの宿題が与えられ、どうも話が少し違うのではないかと考えています。しかし、学会が法人化に向けての大事な時期、個人の不満を言っている場合でないと思っ直しています。

編集委員会に与えられた大きな宿題は、学会誌内容の充実化、経費の大幅節約、会誌フォーマットの検討、7月号記事の検討等々です。特に、学会誌の内容の充実化はどの学会でも苦勞していることとは言え、法人化後の新生の「伝熱学会」にふさわしい、将来を見据えた伝熱研究や伝熱技術の在り方を先取りした企画が望ましい訳ですから、今後時間をかけて編集委員会で議論して行きたいと思っています。会員の皆様からの積極的なアドバイスを是非お願い致します。次に、経費の大幅節約ですが、編集委員の方々の努力で早くも3割程度減を期待できる見通しになりました。会誌フォーマットについては公的文書のA4判化に合わせてサイズを大きくしたらどうか、また、二段組にしてはどうか等々のご意見があります。やや個人の好みや肉体的条件（老眼、近視）なども関係するようですが、一面では頁数の削減、経費の節約に結び付きます。今後の検討課題です。7月号記事についてですが、本来なら先に触れるべきものであったかも知れません。既にお気付きの方もおられるでしょうが、従来7月号は伝熱シンポジウム特集として親しまれてきました。しかし、シンポジウム特集号も回を重ねるに従ってややマンネリ化したきらいがあります。第31期編集委員会（吉田 駿委員長）および幹事会で見直しの議論がなされてきました。第32期編集委員会は前期の方針に沿って、本7月号をシンポジウム特集号としないこととし、前期に引続いての編集委員である工藤、加藤（泰）両委員に年度に先駆けて7月号の企画準備を進めて戴くことに致しました。執筆者の方々にはご多用中の上、短い執筆期間にも拘らず、執筆をお引受け戴きまして、小特集「非線形現象へのアプローチ」を発行することが出来ました。関係各位に深く御礼申し上げます。なお、会員の皆様には発行が遅れましたことを深くお詫び申し上げます。

会員の皆様の引き続きのご支援、ご鞭撻の程、心よりお願い申し上げます。

<地方研究グループ活動報告>

北陸信越グループ

「1993 春季伝熱セミナー(富山) 報告」

日 時：平成5年5月14日(金)～15日(土)

見学会場：YKK吉田工業(株) 黒部事業所

講演会場：政府管掌健康保険保養所「ホールサムインうなづき」

内 容：

○見学会 (5/14)

YKK吉田工業(株) 黒部事業所

○特別講演会 (5/14)

演題 「水平連続鑄造の熱応力解析」

講師 YKK研究開発本部 永安孝志 氏

○グループ講演会 (5/15)

(1)粒子層内の不飽和水分の凍結

青木和夫, 赤堀匡俊, *谷 壮, 服部 賢(長岡技科大)

(2)円柱への二次元衝突噴流に関する研究(第3報, 円柱熱伝達に及ぼす近接平板対頂角の影響)

*羽田喜昭, 倉澤英夫(長野高専), 土屋良明(信州大工), 鈴木健二郎(京大)

(3)非定常加熱による熱物性値の簡易測定法(表面温度測定法の検討)

*姫野修廣, 日向 滋(信州人織), 梁取美智雄(日立)

(4)射出成形機加熱筒内の温度測定(成形過程中のスクリー表面温度の変動と分布)

木村照夫, 竹内正紀, *橋本 憲(福井大)

(5)噴霧液滴による高熱流束除去

*清水幸進, 滝本 昭, 林勇二郎(金沢大)

(6)融雪抑制用断熱泡の諸性質と融雪量の計算

*藤田賢寿, 東 信彦, 梅村晃由(長岡技科大)

(7)非軸対称加熱円管内乱流熱伝達の解析

*塚越慶和, 前川 博, 小林陸夫(新潟大)

恒例となった春季セミナーが、富山大学の竹越・平澤両先生と西村さんのお世話で北陸信越の中央に位置する富山県の黒部市および宇奈月町の保養所で、大学・高専30、企業1、学生11の計42名の参加のもと開催された。

見学会及び特別講演会：

初日は、富山県の北東、海岸寄りに位置するYKK吉田工業(株)黒部事業所の50周年記念ビルに集合し、ファスナー工場やアルミ建材工場の見学を行った。ファスナーにおいては、シェアが日本の90%、世界の30%を誇っており、縫上ファスナーの製造工程では、十数本の糸を供給するだけで布地とファスナーが一体となった完成品が一瞬のうちに出来上がるなど、まるでマジックを観ている様であった。魚網用のものや水封ファス

<地方研究グループ活動報告>

ナーなどの特殊なものを含め数十種類を製造しており、年間では月まで往復する長さに達するとのことであった。YKKでは原材料から製品までの完全一貫生産システムをとっており、ファスナー製造機の製造工程なども見学し、その後アルミ建材の押出し・着色工程について説明があった。

見学会の後、YKK研究開発部の永安氏による特別講演「水平連続鋳造の熱応力解析」があり、アルミ建材の材料であるアルミビレットの鋳造に関して、連続鋳造における固液界面形状や温度分布などを数値計算で求め冷却方法と熱応力発生位置の関連について詳しい説明がなされた。広い構内をバスで案内していただくなど色々お世話になったYKK吉田工業(株)の皆様へ紙面をかりて厚くお礼申し上げます。

特別講演会終了後、会場を黒部峡谷の玄関口、深いV字谷の断崖絶壁の峡谷美を見せてくれる宇奈月町の政府管掌健康保険保養所「ホールサムインうなづき」に移動し、参加者相互の情報交換と親睦を図るべく懇親会が開かれた。

講演要旨：

翌日は同会場においてグループ講演会が開催された。講演(1)では、不飽和水分状態の粒子層が凍結する場合における間隙水移動の有無による凍結過程の違いや、間隙水移動速度および凍結層含水率が報告され、水分が氷に変わった時の熱物性値の影響などについて質疑応答があった。講演(2)では、円柱-平板間距離を変化させ円柱周りの圧力分布および熱伝達を測定して、円柱-平板間距離が小さい場合は円柱の圧力分布に極大がでること、円柱-平板間距離を適当にとると平均ヌセルト数は平板がない場合より約10%増加することが報告された。講演(3)では、試料表面にアルミ箔を張り付けて表面での導電性と熱伝導性を高め、これに未接合の熱電対を圧着して表面温度の測定を行う方法について、アルミ箔の厚さと熱電対径の最適な大きさについて理論的、実験的に明らかにし、その最適条件について報告された。講演(4)では、成形過程中のスクリー表面温度の変動と分布をと測定し、成形条件が加熱筒内の温度場に及ぼす影響が報告され、樹脂の潜熱を考慮した場合の加熱量の取り扱いやせん断発熱量の測定などについて質疑応答があった。講演(5)では、低過熱度域を対象に加熱面上の濡れ挙動と沸騰熱伝達について、加熱面姿勢の影響および二次的パラメータとしての液滴径や液滴速度など噴霧液滴性状の影響について報告され、伝熱面到達液滴径の考え方について質疑応答があった。講演(6)では、断熱泡の製造後約1ヶ月間の、泡の熱的および力学的性質の変化を調べ、また、断熱泡を保護シートで覆った場合とそうでない場合との融雪量の違いが報告され、泡による輻射熱流束の吸収について質疑応答があった。講演(7)では、温度場の境界条件が円周方向に変わる円管内の発達した熱伝達を解析し、非軸対称伝熱問題の解析における渦熱拡散係数概念の有効性について報告され、壁面近傍の非対称性に対する壁熱伝導の影響などについて質疑応答があった。

(北陸信越支部理事 平田 哲夫)

<お知らせ>

日本伝熱学会
「財政基盤強化のための募金事業」
に対するご協力をお願い（再々掲載）

募金事業発起人代表
日本伝熱学会第31期会長
藤江邦男
募金事業実行委員会委員長
日本伝熱学会第32期会長
棚沢一郎

日本伝熱学会は昭和36年11月に日本伝熱研究会として発足し、平成4年で30周年を迎えました。その間、工業の基盤的科学技術である伝熱学・熱工学を統括する本学会が、我が国の経済発展に果たしてきた役割は顕著なものであります。特に、二度に渡る石油危機など、エネルギー問題に対する本学会の成果は記憶に新しい所であり、さらに現在問題となっている地球環境問題等についても、今後、本学会が担うべき役割は国内的にも、国際的にも極めて重要なものになると考えられます。

この様な状況のもと、本学会・組織検討委員会（30期、委員長・藤井哲九大教授）は21世紀にむけて、本学会の将来構想について検討を行って参りました。その結果、本学会の法人化が示唆され、法人化をにらんだ学会会則の改訂が行われたことは総会及び会誌「伝熱研究」等で御承知おきのことと存じます。「社団法人化」は、一定の目的のもとに集まった「人の集まり」に一つの法的人格を付与するものであります。これまで本学会が果してきた社会的貢献と学会規模を考えますと、本学会の「法人化」は必然的な過程であります。またこの様な法的・社会的基盤を確立することは本学会をより活性化し、産学官の協力、国際交流の拡大及び国際協力等がより円滑、且つ強力に果たせることになり、本学会会員および産業界にとって有為なことであります。

当初、法人化達成には数年を要することが予想されていましたが、組織委員会諸氏の努力により幸いにも短期間で達成される見通しが出て参りました。また同時に、学会法人化を実現するためには、学会として最低二千万円の資産を持つことが必要条件であることも判明致しました。従いまして、本学会と致しましては、この際是非とも学会の財政基盤を強化して法人化を達成すると共に学会運用資金の充実をはかる必要があります。

本件については、理事会に於いて鋭意審議致しました。その結果、財政基盤強化のために、学会会員諸氏からの募金と関連企業のお力添えをいただきたいとの結論に達しました。また、本募金事業については多数の方々が趣旨に賛同され、発起人（「伝熱研究」、32巻、124号（1993）に掲載）となって下さいました。

つきましては、諸事御多端の折りとは存じますが、何卒この趣旨を御汲み取りいただきまして、別記要領にて、募金にご協力下さいますようお願い申し上げます。

なお、本募金事業におきましては本学会会員に募金をお願いすると共に、別途関連企業各位にも御協力をお願いする予定であります。

平成4年12月19日

記

平成5年1月1日より開始致しました日本伝熱学会「財政基盤強化のための募金事業」に関しましては、絶大なる御理解と御協力を賜り、誠に有難うございます。

ここに、現在までの募金申込状況および平成5年4月6日以降の募金申込者ご芳名（送金者を含む）を掲載し謝意を表すると共に、未だ申込をいただいていない方々には本事業に対するより一層の御理解を賜り、御協力下さいますよう、改めてお願い申し上げる次第です。

なお、関連企業各位には、賛助会員（特別）にご加入戴き、ご協力を仰ぐ事業を別途開始致しました。本事業にも皆様の積極的なご支持、ご援助が必要であります。宜しくご協力のほどをお願い申し上げます。

個人会員募金要項

1. 募金目標額 最低 2000万円
（内訳）個人会員 最低 1000万円
関連企業 最低 1000万円（賛助会員（特別）加入による）
2. 募金申込額 1口 5,000円
（ご参考までに個人募金額の目安を記しました。）
3. 申込期間 平成5年1月1日 ～ 平成5年12月31日
4. 申込方法 「伝熱研究」本号（32巻、126号（1993））に綴じ込みの用紙、日本伝熱学会「財政基盤強化のための募金申込書」にて御申込下さい。
なお、ご送金をもってお申込に代えることもできます。
5. 送金期間 平成5年1月1日 ～ 平成5年12月31日
6. 送金方法 折込の「郵便振替用紙」を御使用下さい。
＜郵便振替口座＞
口座番号：東京3-711551
名 称：日本伝熱学会募金事業委員会
代 表 者：棚沢一郎
住 所：〒113 東京都文京区本郷5-25-18
7. その他
 - ・募金事業に関する免税措置申請につきましては不許可となりました。ここに、お詫びすると共に、ご報告申し上げます。
 - ・関連企業各位には賛助会員（特別）にご加入戴くべく、別途、趣意書等を作成し、平成5年6月1日より実行委員会地区代表委員が中心となって活動を開始致しました。本件につき、お問い合わせ、或はご意見があります場合には地区代表委員または次項の問い合わせ先にご連絡下さい。
8. 問い合わせ先 飯田 嘉宏（横浜国立大学工学部物質工学科）
TEL. 045-335-1451(EXT.2874)、FAX. 045-331-1704
坂口 忠司（神戸大学工学部機械工学科）
TEL. 078-881-1212(EXT.5152)、FAX. 078-881-0036
山川 紀夫（岩手大学工学部応用分子化学科）
TEL. 0196-23-5171(EXT.2852)、FAX. 0196-52-7144

なお、「財政基盤強化のための募金事業」発起人名簿につきましては、「伝熱研究」、32巻、124号（1993）をご覧下さい。

「財政基盤強化のための基金事業」実行委員会名簿

委員長	棚沢一郎（東大）		
地区代表委員			
北海道地区	石黒亮二（北大）		
東北地区	戸田三朗（東北大）		
関東地区	黒崎晏夫（東工大）	斎藤孝基（東大）	成合英樹（筑波大）
	岡田孝夫（高砂熱学）		
東海地区	架谷昌信（名大）	藤掛賢司（豊田中研）	
北陸地区	林勇二郎（金沢大）		
関西地区	鈴木健二郎（京大）	鳥越邦和（ダイキン）	
中国・四国地区	広安博之（広島大）		
九州地区	藤田恭伸（九州大）		

委員

窪田英樹（室蘭工大）	馬場 弘（北見工大）	金山公夫（北見工大）
関根郁平（苫小牧高専）	菅原征洋（秋田大）	円山重直（東北大）
三浦隆利（東北大）	五十嵐喜良（東北電力）	小川 清（日大）
荻原宏二郎（秋田高専）	橋爪秀利（東北大）	横山孝男（山形大）
田中忠良（電総研）	菱田公一（慶大）	飛原英治（東大）
赤井 誠（工業技術院）	飯野利喜（日立製作所）	石塚 勝（東芝）
勝田正文（早稲田大）	門谷皖一（小松製作所）	河村 洋（東理大）
小泉安郎（工学院大）	田辺新一（お茶の水女子大）	谷下一夫（慶應大）
長崎孝夫（東工大）	西尾茂文（東大）	平井秀一郎（東工大）
西村 誠（岐阜大）	山下博史（名人）	竹内正紀（福井大）
前川 透（東洋大）	海野紘治（豊田工大）	北村健三（豊橋技科大）
辻 俊博（名工大）	松田仁樹（名人）	山中晤郎（三菱電機）
青木和夫（長岡技科大）	小林睦夫（新潟大）	姫野修廣（信州大）
東 恒雄（大阪市大）	片岡 勲（京都大）	千田 衛（同志社大）
森 幸治（阪大）	坂本雄二郎（神戸製鋼所）	神吉達矢（姫路工大）
千田二郎（同志社大）	唐土 宏（松下電機産業）	藤井照重（神戸大）
秋山 巖（パナソニック日立）	稲葉英男（岡山大）	鈴木 洋（広島大）
村上幸一（愛媛大）	森岡 斎（徳島大）	伊藤昭彦（大分大）
金丸邦康（長崎大）	小森 悟（九州大）	笹口健吾（熊本大）
松尾篤二（三菱重工）		

（総務担当）

工藤一彦（北大）	福迫尚一郎（北大）	山川紀夫（岩手大）
井上 晃（東工大）	千葉孝男（新日本空調）	飯田嘉宏（横浜国大）
望月貞成（東京農工大）	中島利誠（お茶の水女子大）	土方邦夫（東工大）
庄司正弘（東大）	芹沢昭示（京大）	仲田哲朗（石播重工）
長野靖尚（名工大）	青木博史（豊田中研）	加藤征三（三重大）
平田哲夫（信州大）	滝本 昭（金沢大）	高島啓行（住友金属）
木本日出夫（阪大）	坂口忠司（神戸大）	加藤泰生（山口大）
本田博司（九州大）	地崎英二（新日鉄）	増岡隆士（九州工大）

（会計担当）

吉田英生（東工大）	高島啓行（住友金属）	森岡幹雄（石播重工）
-----------	------------	------------

（監査） 二階 勲（鹿島建設）

＜個人募金額の目安（1口 5000円）＞

昭和30年代卒業 6口 昭和40年代卒業 5口
昭和50年代卒業 4口 昭和60年以降卒業 3口
学生会員 1口

※日本伝熱学会役員ご経験者および昭和30年以前に御卒業され
た方は、上記の金額に上乘せしてお考え下さい。

募金申込状況報告

●個人会員募金申込額（含・入金済み額）（平成5年7月10日現在）

総額 7,195,000円、1439口（227名様）

●募金申込者及び送金者御芳名（平成5年4月6日～平成5年7月10日お申込分）

青木成文殿（東京工業大学）	岡田昌志殿（青山学院大学）	大黒崇弘殿（日立製作所）
西川兼康殿（九州電力）	岡田孝夫殿（高砂熱学工業）	玉置昌義殿（名古屋大学）
長谷川 修殿（久留米高専）	小熊正人殿（石川島播磨重工）	中岡 勉殿（水産大学校）
森 康夫殿	親川謙勇殿（琉球大学）	中村 肇殿（大同工業大学）
（以上 20口）	河合洋明殿（北海道工科大学）	平波国男殿（久留米高専）
相原利雄殿（東北大学）	小林睦夫殿（新潟大学）	村瀬道雄殿（日立製作所）
植田辰洋殿	佐古光雄殿（広島大学）	（以上 5口）
太田照和殿（東北大学）	佐藤恭三殿（東北学院大学）	浅井 朗殿（キャノン・中央研）
岡崎卓朗殿	佐藤泰生殿（熊本大学）	今野宏卓殿（山形大学）
小笠原光信殿	佐野妙子殿（東海大学）	篠原 久殿（元・九州大学）
萩野文丸殿（京都大学）	庄司正弘殿（東京大学）	新宅浩雄殿（東芝エンジニアリング）
鈴木健二郎殿（京都大学）	関根郁平殿（苫小牧高専）	鈴木利夫殿（東北学院大学）
玉木恕乎殿（信州大学）	千田 衛殿（同志社大学）	関 信弘殿
長島 昭殿（慶応義塾大学）	竹内正紀殿（福井大学）	高野孝義殿（豊田工科大学）
成合英樹殿（筑波大学）	田中 修殿（九州工業大学）	田川正人殿（名古屋工科大学）
菱田幹雄殿（中部大学）	時田雄次殿（大分大学）	長坂雄次殿（慶応義塾大学）
福迫尚一郎殿（北海道大学）	服部直三殿（東京理科大学）	長崎孝夫殿（東京工業大学）
藤井 哲殿（九州大学）	平澤茂樹殿（日立製作所）	中島忠克殿（日立製作所）
藤田秀臣殿（名古屋大学）	古川哲郎殿（日立造船）	西野耕一殿（横浜国大）
二神浩三殿（元・愛媛大学）	松本健一殿（久留米高専）	西村龍夫殿（山口大学）
堀 雅夫殿（動・燃事業団）	村尾良夫殿（日本原子力研）	平澤良男殿（富山大学）
横堀誠一殿（東芝）	森岡 斎殿（徳島大学）	廣瀬宏一殿（岩手大学）
吉田 駿殿（九州大学）	門出政則殿（佐賀大学）	山田盛二殿（敷島製パン）
土方邦夫殿（東京工業大学）	八木良尚殿（東京職能短大）	大村直人殿（神戸大学）
（以上 10口）	山崎郭滋殿（高知工業高専）	澤井 徹殿（高松高専）
笠木伸英殿（東京大学）	（以上 6口）	多田幸生殿（金沢大学）
芹澤昭示殿（京都大学）	今石宣之殿（九州大学）	埜上 洋殿（東北大学）
長野靖尚殿（名古屋工大）	太田淳一殿（福井大学）	松浦章裕殿（大同工業大学）
根井弘道殿（東芝）	岡崎 健殿（東京工業大学）	（以上 3口）
本田博司殿（九州大学）	小川 清殿（日本大学）	木村龍治殿（東京大学）
前川 弘殿（新潟大学）	門谷皖一殿（小松製作所）	藤道 治殿（久留米高専）
増岡隆士殿（九州工業大学）	金丸邦康殿（長崎大学）	羽田喜昭殿（長野高専）
増田英俊殿（東北大学）	岸浪紘機殿（室蘭工科大学）	細川 力殿（姫路工大）
（以上 8口）	窪田英樹殿（室蘭工科大学）	吉田 潔殿
大内雅樹殿（岩手大学）	坂元 健殿（日立製作所）	（以上 2口）
猪飼 茂殿（明星大学）	島出了八殿（石巻専修大学）	橋本博文殿（東京大学）
岩淵牧男殿（富山大学）	清水昭比古殿（九州大学）	（以上 1口）
大場謙吉殿（関西大学）	新里寛英殿（京都電子工業）	
埋橋英夫殿（日立栃木エレクトロニクス）		

ミ シ ン 線

○

○

日本伝熱学会

「財政基盤強化のための募金事業」

個人会員用募金申込書

御 芳 名		勤務先	
募金予定口数	□ (円)		
御送金予定月日	申込と同時に、平成5年 月頃 (○で囲で下さい)		
御連絡先住所			
御 卒 業 年 次	昭和・平成	年	会員の種類
通 信 文			正・学生

「募金申込書」

送り先住所

〒113

東京 都 文 京 区 本 郷 5 - 25 - 18
 日 本 伝 熱 学 会 事 務 局
 募 金 事 業 実 行 委 員 会 宛

ミ シ ン 線

ミ シ ン 線

関西研究グループ企画

神戸伝熱セミナー

——伝熱技術の最前線——

日本伝熱学会関西研究グループでは、標記セミナーを下記のように計画致しました。ふるってご参加下さいますようお願い申し上げます。

- 日時 : 平成5年8月6日(金)、8月7日(土)、1泊2日
場所 : 住友金属住吉研修所
〒657 神戸市東灘区住吉本町3丁目4番24号
(TEL) 078-842-1633
- 交通 : JR住吉駅から徒歩7分
阪急御影駅から徒歩15分
- 参加費 : 一般会員15,000円、学生会員7,500円
(宿泊、食事、懇親会費含む)
- 定員 : 70名(申し込み先着順により満員になりしだい締め切ります)
申し込み : お申し込みお問い合わせは下記へ
〒611 宇治市五ヶ庄 京都大学原子エネルギー研究所
日本伝熱学会関西伝熱セミナー実行委員会 塩津、片岡、浜
(TEL) 0774-32-3111 Ext. 2321, 2325, 2324 (FAX) 0774-32-8158
お申込の場合は参加費を下記の郵便振替口座にご送金下さい
郵便振替口座番号: 京2-66261
口座名義: 関西伝熱セミナー
- 申し込み締め切り: 7月23日(金)

日程
8月6日(金)

セッションA「ミクロスケール伝熱の最前線」(13:00-15:00)
(オーガナイザー、片岡勲(京大)、森幸治(阪大))

- A-1 日米のミクロ・モレキュラスケール伝熱研究の現状
土方 邦夫(東工大・工)
- A-2 Gas Kinetics と Thermodynamicsのはざま: サブミクロンサイズ領域の熱伝達
伊藤 正行(京大・原研)
- A-3 雑多な表面ミクロ - ぶく射伝熱学の物性研究
牧野 俊郎(京大・工)

セッションB「伝熱問題に関するコンピューターシミュレーション」

(15:30-17:30)

(オーガナイザー、高木茂男(神鋼)、富山明男(神大)、塩津正博(京大))

B-1 乱流伝熱のモデリング

長野 靖尚(名工大)

B-2 当社における熱流動数値シミュレーション

- α -FLOWの利用事例を中心として-

鶴飼 修(三菱重工)

B-3 液体振動による熱輸送の促進

-数値シミュレーション-

小澤 守(関西大・工)

セッションC「環境と伝熱」

(オーガナイザー、古寺雅晴(日立造船)、尾崎永一(三菱電機)、西村伸也(大市大))

(環境汚染と伝熱)

(19:30-20:50)

C-1 代替フロン冷媒の技術開発状況

大西 春夫(ダイキン)

C-2 CO₂ 増加の影響

吉田 篤正(岡山大)

8月7日(土)

(9:00-9:40)

C-3 希薄燃焼による家庭用燃焼機器の低NO_x化の諸問題

中本 充慶(松下電産)

(環境にやさしいシステム)

(10:00-12:00)

C-4 自動車搭載用小型燃料電池

光田 憲郎(三菱電機)

C-5 コージェネレーションの技術動向

片山 紘一(大阪ガス)

C-6 水蓄熱冷暖房装置の開発

宮本 守也(三菱電機)

中四国伝熱セミナー・徳島

中四国研究グループでは標記のセミナー（一泊二日）を下記のように計画致しました。奮ってご参加下さいますようご案内申し上げます。

1. 日時 平成5年8月27日（金）～28日（土）
2. 場所 猪の山会館（地方公務員共済組合徳島宿泊所）
〒770 徳島市中昭和町2丁目45の2 (TEL)0886-25-4808
交通 JR徳島駅よりタクシーで5分、バスで10分。徳島港よりタクシー10分。
3. 参加費 会員および一般：10,000円 学生：5,000円
(宿泊、食事、懇親会費を含みます。)
4. 定員 70名
5. 申し込み 綴じ込みの申し込み用紙に必要事項をご記入の上、下記宛先まで郵送してください。複数で申し込まれる場合、申し込み用紙は一人一枚ずつ使用してください（申し込み用紙をコピーしてお使いください）。なお参加費は当日、会場で集めさせていただきます。
 - ・締め切り：平成5年8月10日
 - ・郵送先：〒770 徳島市南常三島町2-1
徳島大学工学部機械工学科内
中四国伝熱セミナー・徳島 準備委員会 清田正徳
(TEL)0886-23-2311 EXT4332 (FAX)0886-55-6549
6. 日程 8月27日（金）

時間	内容
12:30- 13:00-	受付 開会
13:05- 17:00	セミナー（1） 化学工場の最近技術の応用例 游佐 文雄（東亜合成） 企業における伝熱工学（社内実務での適用例） 坂本雄二郎（神戸製鋼） 垂直平板の自然対流数値解析（低 Gr 領域での伝熱特性および解の

	収束性に関して) 山崎郭滋、永橋優純、竹島敬志(高知高専) 気相分散型接触装置内の流動・物質移動特性 土屋 活美(徳島大) 凝縮液膜への炭酸ガスの溶解特性 野津 滋(岡山県立大)
17:15- 18:00	特別講座 花子Ver. 3を中心とする新世代77' リケーション 西本 英司(システム)
18:30- 21:00	夕食および懇親会

8月28日(土)

時間	内容
7:30-	朝食
9:00- 12:00	セミナー(2) 最近の製塩法とエネルギー流れ(仮題) (鳴門塩業) ガス吸収冷温水機の技術開発動向 川上隆一郎(大阪ガス) 気液二相流における流れの変動現象について 山内庄司、澤井徹(高松高専) 水平管内気液環状二相流の液膜形成機構 逢坂 昭治(徳島大)
12:00- 13:00	閉会、記念撮影、昼食、その後解散

----- 切り取り線 -----

徳島大学工学部機械工学科

清田 正徳 行

中四国伝熱セミナー・徳島 参加申し込み用紙

フリガナ
氏名 :

所属(大学研究室) :

役職(学年) :

所属住所 : 〒

TEL

FAX

社団法人日本工学会主催

第 2 1 回 国際会議のための 準備セミナー

—— 英語によるプレゼンテーションの実際 ——

国際社会の中で、日本人として講演、研究発表、新規プロジェクトの説明等、英語で発表する機会が増えてきております。

このセミナーでは、外国人を前にすぐれたプレゼンテーションを行うための効果的な説得の技術と方法を講義と実際のプレゼンテーションの体験を通して習得します。

1. 対象者

- ・国際会議で発表する予定のある方
- ・英語によるプレゼンテーション能力の向上を図りたい方

2. 日 時：1993年8月28日(土) 9:00～20:00

8月29日(日) 9:00～17:00

(集合：8月27日<金>18:00現地)

3. 講 師：・社団法人日本工学会 理事

・㈱ヒューテック代表取締役 肥田良夫

・その他(国際会議参加経験者からの話題)

4. 会 場：海外職業訓練センター研修施設

千葉市美浜区ひび野1-1 Tel:043-276-0211

5. 交 通：JR京葉線 海浜幕張駅 徒歩5分

6. 参加費：80,000円(資料代、懇談会費等を含む)

7. 宿泊費：18,000円(2泊、食事付)

8. 定 員：18名

9. カリキュラム

- (1) 国際会議の概要 1) 参加の目的 2) 参加者の心掛け 3) 日本人に多い問題点の整理
- (2) 国際会議参加の準備 1) オーラルペーパーの書き方 2) 時間配分の心得 3) AVの用意と利用法
- (3) プレゼンテーションの実際 1) 話しかた(視線・発声・姿勢) 2) マイク・AVの使い方 3) 質疑応答の処理 4) 表現
- (4) プレゼンテーションの評価と練習法 1) 自己評価 2) 他者評価 3) 効果的練習法

10. 参加申込み方法

(1) 参加申込みを希望される方は下記に詳細パンフレットをご請求下さい。

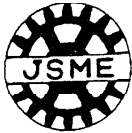
(2) 申込締切は平成5年8月14日(土)日本工学会必着です。

11. パンフレット請求先：

〒107 東京都港区赤坂 9-6-41 乃木坂ビル

社団法人 日本工学会

電話：03-3475-4621・5618 FAX：03-3403-1738



1993年
J S M E - A S M E 動力エネルギー国際会議

JSME-ASME International Conference
on Power Engineering - 93

I C O P E - 9 3

開催日 1993年9月12日(日)~16日(木)

会場 京王プラザホテル(東京・新宿)

◆講演会プログラム(仮) :

月 日		A室 (花A)	B室 (花B)	C室 (花C)	D室 (宴)
9.13(月)	午前	開会式, 特別講演1, 2			
	午後	発電システム 同上	ボイラ 同上	機器要素 同上	経済 同上
9.14(火)	午前	新材料 同上	ボイラ 同上	発電機 同上	機器要素 環境戦略
	午後	新材料 発電機	ボイラ 同上	発電システム 同上	環境戦略 同上
9.15(水)	午前	タービン 同上	環境戦略 運転保守	燃焼技術 同上	リハ°ワリング° 同上
	午後	高効率 同上	運転保守 同上	タービン 同上	リハ°ワリング° 燃焼技術
9.16(木)	午前	環境保護 同上	運転保守 同上	タービン 同上	燃料 同上
	午後	環境保護 閉会式	運転保守	タービン	燃料

◆詳細問い合わせ先 :

〒151 東京都渋谷区代々木 2-4-9
新宿三信ビル5階
社団法人 日本機械学会
(担当 事業課 高橋正彦)
Tel (03) 3379-6781
Fax (03) 3379-0934

1993年4月20日

画 像 計 測 シ ン ポ ジ ウ ム
－流れ計測とその応用－

企画：動画像計測処理研究会

委員長 三池 秀敏（山口大学工学部教授）

幹 事 加藤 泰生（山口大学工学部助教授）

1. 主 旨 : 画像計測の技術は、非常に広い科学技術の分野で応用され、工業的にも生産工程の自動化（FAや効率化）などに欠かせない基礎技術となりつつある。

本シンポジウムでは、特に流体の流れ場の可視化やミクロな物理量の可視化技術の発達を背景に、流れの速度計測や、物理情報の抽出に関連する画像処理技術に焦点を当てる。具体的には、ビデオ信号からの速度ベクトル場、速度の時間変動の長時間計測、さらには時変速度ベクトル場の解析など、科学的画像計測技術の現状と、その工学をはじめ物理、化学、生物、及び医学分野への幅広い応用について解説討議されるものである。

2. 主 催 : 山口大学工学部 山口県 山口県産業技術開発機構 中国技術振興センター 山口大学地域共同研究開発センター 動画像計測処理研究会

協 賛 : 電子情報通信学会, 電気学会, 情報処理学会, 日本物理学会,
(依頼中) 日本機械学会, 化学工学会, 日本伝熱学会, 可視化情報学会,
日本混相流学会, 空気調和学会, 日本流体力学会, 計測制御学会,
日本風工学会, 土木学会など

後 援 : 宇部市教育委員会, 社会教育課, 宇部時報, ウベニチ
(予定)

3. 開催時期 : 平成5年9月17日(金) 13:00~17:50
 流れの可視化と画像計測の現状と応用
平成5年9月18日(土) 9:30~12:30
 ミクロ物理情報の可視化と動画像処理

4. 開催場所 : ときわ湖水ホール (山口県宇部市)
5. 対象者 : 企業内研究者, 大学高専その他, 公共研究機関
6. 人数 : ~100名
7. 参加料 : 3,000円 (資料代含む, ただし学生1000円)
8. 機器展示 : 画像処理機器の展示・説明 (ロビー等)
9月17日(金)12:30~18日(土)12:30の期間中随時展示
9. 懇親会 : 日 時 平成5年9月17日 18:00~19:30
場 所 ときわ湖水ホール
会 費 4,000円 (予定)
10. 内 容 : 講演件数 7件

* 9月17日 (司会進行; 加藤)

13:00~13:10 開会の辞 工学部長

流れの可視化と画像計測の現状と応用

13:10~14:10 小林 敏雄 (東大生研) 画像処理による流速計測の展望

14:20~15:20 山本富士夫 (福井大学) 2値化相関法による速度計測(仮題)

休憩 (機器展示説明会)

15:50~16:30 桑島 茂純 (応用計測研究所) 実時間画像間相関法による生体内
流れ計測等への応用

16:30~17:10 三池 秀敏 (山口大学) 勾配法および時空間相関法による
速度場計測

17:10~17:50 板村 正行 (宇部興産) 金型内溶湯の流動計測への応用

* 9月18日 (司会進行; 三池)

マイクロ物理情報の可視化と動画処理

9:30~10:30 甲斐 昌一 (九州工大) 光干渉計測及び2次元バイオフォトン
計測 (仮題)

休憩 (機器展示説明会)

10:50~12:20 白井 良明 (大阪大学) 動画処理による物体追跡

日本ライン伝熱セミナー

“先端計算機援用熱流体工学の基礎と実際”

日本伝熱学会東海研究グループでは、標記セミナーを下記の通り開催致します。奮ってご参加頂きますようご案内申し上げます。

1. 日 時 : 平成5年9月24日(金)～25日(土), 1泊2日
2. 場 所 : サンパーク犬山(国民年金保養センター)
〒484 愛知県犬山市大字犬山字甲塚48-3
TEL: 0568-62-5510
交通: 新名古屋駅から名鉄犬山線で35分, 犬山駅下車徒歩15分
(近くに日本モンキーパーク, 国宝犬山城, 明治村などがあり, 日本ライン下りも楽しめます。)
3. 参加費 : 一般 13,000 円, 学生 8,000 円
(宿泊, 食事および懇親会費を含みます。参加費は当日受付にて集めさせていただきます。)
4. 定 員 : 60 名
5. 申し込み: 綴じ込みの申し込み用紙(コピーでも可)に必要な事項をご記入の上, 下記まで郵送またはFAXして下さい。

〒466 名古屋市昭和区御器所町
名古屋工業大学機械工学科
辻 俊博
TEL: 052-732-2111 内線2414
FAX: 052-733-9979
6. 申し込み締切 : 平成5年8月31日(火)

日 程

9月24日(金)

時 間	内 容
12:00~13:00	受 付
13:10~14:30	[I] 先端計算機利用の基礎 ・ 科学技術計算のための数値情報処理環境 中野 守 (日本DEC) ・ 超並列コンピュータの開発動向について 近藤 継男 (豊田中研)

14:40~16:00	〔Ⅱ〕 計算法の基礎と進展 <ul style="list-style-type: none"> 熱流動数値計算の基礎 中山 顕 (静岡大) 非圧縮性流の計算法に関する新しい試み 賈 為 (名古屋大)
16:10~17:30	〔Ⅲ〕 先端計算の現状と将来 (その1) <ul style="list-style-type: none"> 噴流火炎の数値シミュレーション 山下 博史 (名古屋大) 数値熱流体工学における可視化システム 藤井 孝藏 (宇宙科学研)
18:30~20:30	懇 親 会

9月25日(土)

9:00~12:00	〔Ⅳ〕 先端計算の現状と将来 (その2) <ul style="list-style-type: none"> はく離乱流場における熱流体解析 安倍 賢一 (名古屋工大, 豊田中研) 分子の運動から求める気体の流れ 宇佐美 勝 (三重大) 海洋環境アセスメントにおけるCFD研究の前線と応用例 田口 浩一 (コンピュータ・テクノロジー・インテグレイタ)
------------	---

----- 切り取り線 -----

名古屋工業大学機械工学科
辻 俊博 宛

日本ライン伝熱セミナー参加申し込み用紙

ふりがな
氏 名 : _____
所 属 : _____
役職等 : _____
連絡先 : 〒 _____

TEL _____ 内線(____); FAX _____

なお、参加申し込みを頂いた方には交通、レジャー等の詳細をご連絡致します。

<70万人科学者・技術者代表集会>

第3回

「基礎研究の振興と工学教育」シンポジウム

—— 21世紀の工学教育・工学による社会貢献 ——

〔シンポジウム開催の趣旨〕

わが国の科学技術による国際貢献の声が広く国民に浸透していく中で、具体的に国富をどのような対象に、未来の社会資本と位置付けて投入すべきかが問われるようになって来ております。このような情勢の中で、わが国の科学技術政策の改正が平成4年4月24日閣議決定され、知的資源立国への道が明示され、科学技術系人材育成のため、未来を担う若者に科学技術への夢と情熱を与えることが肝要であると指摘されています。

わが国の今日の繁栄は、明治期以来の工学教育による人材育成に負うところが大きいです。しかしながら、欧米へのキャッチアップに成功した今、世界の中の日本、そして前例のない新産業革命下における無資源国日本の工学教育の在り方が問われております。

今回は、ここに焦点をあてて「21世紀の工学教育——工学による社会貢献」をテーマとして、本シンポジウムを開催することにいたしました。

科学技術会議諮問第20号「科学技術系人材育成について」の審議が進められており、工学教育がその答申の中に位置付けられ、産・学・官・政協力のもととして新政策へと結実されることを願って本シンポジウムを開催するものであります。

日 時：平成5年10月4日（月）13：00～18：00

場 所：建築会館ホール

東京都港区芝5-26-20（☎03-3456-2051）

主 催：日本工学会

共 催：日本工学アカデミー／材料連合フォーラム／日本工業教育協会

協 賛：179学協会

後 援：文部省／科学技術庁／通商産業省工業技術院／(財)経済団体連合会／日本商工会
（予定） 議所／(財)経済同友会／日本経営者団体連盟

幹事学会：応用物理学会／化学工学会／資源・素材学会／自動車技術会／情報処理学会／
電気学会／電子情報通信学会／土木学会／日本化学会／日本機械学会／日本建
築学会／日本鉄鋼協会

2 1 世紀の工学教育・工学による社会貢献

—— プログラム —— (講演テーマは仮題)

- 総合司会 日本工学会理事, 東京大学教授 高野 政晴
13:00~13:10 開会挨拶 日本工学会会長 石川 六郎
13:10~13:30 挨拶 文部省関係者
13:30~14:10 次世代への工学教育 衆議院議員 鳩山由紀夫
<座長>日本工学会理事・政策委員長 内田 盛也
14:10~14:50 産業界から工学教育に望む
経済団体連合会産業技術委員会政策部会長
三菱電機㈱副社長 東海林恵二郎
<座長>日本工学会副会長 三井 恒夫
14:50~15:30 新時代に対応する工学の本質 東京農工大学教授 中森真理雄
<座長>日本電気㈱ 勅使河原可海
—— 休 憩 (20分) ——
15:50~16:30 留学生教育について 東京大学工学部教授 西野 文雄
<座長>千葉大学工学部長 鈴木 邁
16:30~17:10 高度文化社会と工学 東京大学学長 吉川 弘之
<座長>新日本製鐵㈱常務取締役
日本工学アカデミー政策委員長 富浦 梓
<問題提起>
17:10~17:40 「工学による社会貢献」 日本工学会理事・政策委員長 内田 盛也
17:40~17:50 閉会挨拶 日本工学会副会長 田中 郁三

☆懇親会☆

- 18:00~19:30 日本建築学会会議室において懇親会を開催いたします。
会費：5,000円(当日持参)

————— 参加申込みについて —————

- 参加費：1,000円(懇親会費を除く)
参加申込：往復ハガキに氏名・勤務先・同住所・同電話番号・所属学協会名・会員番号を
明記した上、返信ハガキ表に通信先住所・氏名を必ずご記入下さい。
(FAXでのお申込みは受付ません)

- 懇親会：懇親会参加希望の方は、その旨ハガキに明記して下さい。
申込期日：平成5年9月20日(月)必着
申込先：☎107 東京都港区赤坂9-6-41

- 参加証：参加証(返信ハガキ)を順次お送りいたしますので、当日ご持参下さい。

社団法人 日本工学会

☎107 東京都港区赤坂9-6-41 乃木坂^{ビル}3階
電話 03-3475-4621 FAX 03-3403-1738

〈特別企画〉 次世代技術におけるエネルギー最前線

主催 化学工学会東海支部
共催 中部科学技術センター、省エネルギーセンター東海北陸支部、
日本化学会東海支部、日本機械学会東海支部、日本伝熱学会、
日本エネルギー学会、エネルギー・資源学会、電気化学協会東海支部、
日本太陽エネルギー学会、日本鉄鋼協会、日本原子力学会
化学工学会蓄熱・増熱・熱輸送特別研究会、
化学工学会エネルギー開発特別研究会

日時：平成5年10月14日（木） 9：00 - 17：00
会場：中小企業センター（予定）

1. 新しいエネルギーシステム（午前のサブテーマ）

(9:00-9:40)

・次世代のエネルギー利用技術（名古屋大学工学部 架谷昌信氏）

(9:40-10:30)

・我国のエネルギー開発動向（中部通産局 細田和夫氏）

(10:30-10:40)

〈休憩〉

(10:40-11:30)

・CO₂の膜分離と利用システム（JFCC 椿 淳一郎氏）

(11:30-12:20)

・新しい電力貯蔵システム（電力中央研究所 岩堀 徹氏）

(12:20-13:30)

〈休憩〉

2. エネルギー利用最前線（午後のサブテーマ）

(13:30-14:20)

・地域熱供給（都市とエネルギー）（名古屋大学工学部 中原信生氏）

(14:20-15:10)

・太陽熱蓄熱とヒートポンプ（東京農工大学工学部 亀山秀雄氏）

(15:10-15:20)

〈休憩〉

(15:20-16:10)

・次世代型燃料電池の開発状況（三重大学工学部 山本 治氏）

(16:10-17:00)

・トッピングサイクル高効率発電（電源開発 木村直和氏）

日本機械学会関西支部 第202回講習会

最近の流体計測技術

-基礎と応用(実習付き)-

協賛(予定) 日本航空宇宙学会関西支部、日本船用機関学会、自動車技術会関西支部、
日本ガスタービン学会、日本伝熱学会、日本燃焼学会、日本混相流学会、
日本可視化情報学会、空気調和・衛生工学会近畿支部、ターボ機械協会、
化学工学会関西支部、流れの計測懇話会、日本流体力学会

日 時：平成5年11月15日(月)、16日(火) 9:00~17:00
会 場：神戸商船大学

神戸市東灘区梁江南町5-1-1 電話 (078) 453-2332

*阪神電鉄「深江」駅下車、南(海側)へ徒歩10分。

*JR「摂津本山」駅あるいは阪急電鉄「岡本」駅下車、タクシーにて約10分。

趣 旨：最近の流体計測技術は、新しい手法の開発のみならず、従来の原理に基づいた計測法においても、センサ技術や信号処理技術の改良により高速データ収集や測定範囲の広域化が可能となり、応用範囲も格段に広がってきました。また流れ場の可視化技術や画像表現技術の進歩により、インパクトのあるプレゼンテーションができるようになってきました。

今回の講習会では、流体計測機器の開発として、またユーザとして第一線で活躍中の各分野の専門家に、入門から最先端まで、分解能・精度・計測限界やノウハウを含めて講述していただくとともに、流体計測機器の実際指導とデモ展示を行って、目頭直面している問題解決のために役立てていただきたいと思います。流体計測に携わる多数の方々の参加をお待ちしています。

なお、講習内容についてのご質問を事前に申し受けます。

題目・内容・講師

日 時	題 目	内 容	講 師
11月 9:00 ~ 10:05	流量計の計測技術 と標準	流体の種類、圧力、温度、測定範囲、精度等に応じて用いられる様々な流量計について、その適切な使用方法や校正法について述べる。	工業技術院計量研究所 流体計測研究室室長 高本 正樹
10:05 ~ 11:10	レーザー流速計の 基礎と実践例	レーザードップラ流速計の基礎について説明するとともにPDAを含む各種応用例を示しながら、計測における問題点とその対策について述べる。	神戸大学 工学部 教授 中島 健
11月 11:20 ~ 12:25	熱線・熱膜流速計 の基礎と実践例	熱線・熱膜流速計の原理、基本的使用法を説明し、実験室での計測例をいくつか挙げて適用範囲、応答性、精度等についても解説する。	神戸大学 工学部 助教授 中山 昭彦
15 13:35 ~ 14:40	気液二相流の計測 技術	ボイド率とその分布を初めとする気液界面性状に関する種々のパラメータ、並びに界面の移行速度、流量等の計測について解説する。	大阪大学 工学部 教授 世古口 言彦
14:40 ~ 15:45	液晶による伝熱現象の可視化	感温液晶を用いると、伝熱面や流体中の温度分布が色彩分布として直接見えるようになる。制約とツボにはまった応用例を示す。	日本原子力研究所 高温工学部 主任研究員 秋野 昭夫
15:55 ~ 17:00	可視化画像を利用 した流体計測技術	可視可画像に含まれる流体情報を定量的に抽出する画像計測技術について、特に色情報を有効に利用した手法について述べる。	大阪電気通信大学 工学部 教授 木村 一郎

日	時	題 目	内 容	講 師
		- 約15名を7グループで順次下記の各実習をそれぞれ1時間ずつ行う。-		
11月16日	9:00 ～	レーザドップラ流速計による流れの解析	コンパクトな光学ユニットと高性能プロセッサによる適用範囲の広い流速測定システムを用いてLDVによる流れの解析の実習を行う。	(株)小野測器
	12:00	熱線(熱膜)流速計の現状技術とセンサー技術	熱線流速計の装置としての特性を踏まえた測定技術の紹介と、用途に応じたセンサー技術を説明し、実習を行う。	松下インターテクノ(株)
		気液三相流の計測機器	最近の気液三相流の計測法として、多点電極プローブ等を用いた計測機器について紹介、実習を行う。	日本カノマックス(株)
	13:00 ～	位相ドップラ式レーザ粒子分析装置	位相ドップラーを用いた粒子の速度、大きさ密度等計測の実習し、計測の際の問題点や注意事項を解説する。	西華産業(株)
		粉体を含む流れの可視化	高繰り返しパルスレーザ光を粉体に照射し、その散乱光を超高速シャッターカメラで捕え、粉体の移動を可視化する。	スペクトラフィジックス(株)
		速度場計測システム「nexusPTV」	2次元空間におけるトレーサー粒子の流れの可視化を自動化するシステムを用いて実習を行う。	(株)ネクサス
		AVSを使った流体計測データの可視化	汎用可視化アプリケーションAVSを利用した3次元計測データの可視化事例について実習を行いながら紹介する。	クボタコンピュータ(株)

聴 講 11月10日(水)

申込締切

定 員 105名

聴 講 料

・会 員 35,000円(大学, 官公庁関係17,500円, 大学院生および学生員10,000円)

・会 員 外 50,000円, ただし, いずれも教材1冊代金を含む。

・教材のみご希望の方は, 1冊につき会員 4,000円, 会員外 5,000円を添えてお申し込み下さい(送料は不要)。

・協賛学協会の方も本会会員と同じようにお取扱いたします。

申込方法

B6判用紙(学会誌半裁)に「関西支部第202回講習会申込み」と題記し, 1)氏名・会員資格 2)勤務先・所属部署名・住所 3)通信先 4)所属学協会名 5)送金内訳および送金額を記入のうえ, 関西支部宛お申し込みください。

聴講料は現金書留または下記銀行口座宛ご送金ください。

住友銀行中支島支店 普通口座 110415 日本機械学会関西支部名義

申 込 先

日本機械学会関西支部

日本学術会議・熱工学研究連絡委員会主催

講演会 環境のキーワード熱工学

共 催：日本機械学会熱工学部門
協 賛：日本伝熱学会 日本燃焼学会 日本熱物性学会
日本冷凍協会 日本エネルギー学会 日本熱測定学会
低温工学協会 安全工学協会 化学工学会

日 時：平成5年11月24日（水） 13:30～17:00

場 所：日本学術会議 講堂

資料代：一般；2000円， 学生；1000円

プログラム

開会の辞 熱研連委員長 藤江 邦男

1. 地球温暖化問題と世界の動き
東京大学 客員教授 山田 興一
2. 生活環境とふく射物性
東北大学 教授 増田 英俊
3. ラジカルを利用した燃焼クリーン化技術の展望
東京大学 教授 定方 正毅
4. 廃棄物の焼却，熔融技術
(株)神戸製鋼所 鈴木 富雄
5. エネルギーと環境問題の接点技術
東京電力(株) 桜井 武一
6. 大容量発電設備からのCO₂排出量の低減
三菱重工業(株) 滝川 徹

閉会の辞 熱研連熱物性専門委員 福迫尚一郎

お問い合わせ先： 東京大学工学部 平野敏右 (Tel. 03-3812-2111)
九州大学工学部 伊藤猛宏 (Tel. 092-641-1101)
北海道大学工学部 福迫尚一郎 (Tel. 011-716-2111)

International Symposium
on
CO₂ Fixation and Efficient Utilization of Energy
” CO₂固定化とエネルギー高効率利用に関する国際シンポジウム”

主催 東京工業大学 炭素循環素材研究センター

日時 平成5年 11月29日(月) - 12月1日(水)

会場 東京工業大学 百年記念館 フェライト会議室
(東京都目黒区大岡山 2-12-1)

参加費 30,000円

地球温暖化問題に対処するため二酸化炭素の固定資源化ならびにエネルギーの高効率利用に関する研究が国際的に盛んに行なわれています。人間活動の持続的発展のために、大気中の二酸化炭素濃度増加を抑制する方向で国際的なコンセンサスが得られていることは周知の通りです。技術的な解決を図るため、中・長期的には、二酸化炭素の発生を伴わない代替エネルギー源を日指して、太陽エネルギー利用等が検討されています。また、近未来的には化石燃料を使用しながらエネルギー効率を高めることにより対処することになりますので、化石燃料から高効率でエネルギーを取り出す技術、高効率発電システムの構築などのエネルギー有効利用の研究が重要となってきました。一方、発生する二酸化炭素を回収、固定、貯蔵する研究も推進されており、これらはトータルとして化石エネルギーの高効率利用システムの構築に結びつくことが重要です。本国際シンポジウムは、エネルギーの高効率利用とCO₂の固定・資源化に関する第一線の研究者が集い、実質的な二酸化炭素の排出抑制技術を目指した研究発表および討論を行なうことを目的として開催されるものです。

Invited Speakers (in alphabetical order):

Prof. Kenichi Aika (Tokyo Institute of Technology, Japan)
Dr. Makoto Akai (Agency of Industrial Science and Technology, Japan)
Prof. Ryoze Echigo (Tokyo Institute of Technology, Japan)
Dr. Sergio F. Garriba (International Energy Agency, France)
Dr. Toshikatsu Hakuta (National Chemical Laboratory for Industry, Japan)
Dr. Howard J. Herzog (Massachusetts Institute of Technology, USA)
Prof. Kunio Hijikata (Tokyo Institute of Technology, Japan)
Prof. Hisashi Ishitani (The University of Tokyo, Japan)
Dr. Jiro Kondo (Science Council of Japan)
Prof. Ken Okazaki (Tokyo Institute of Technology, Japan)
Dr. Robert D. Palumbo (Valparaiso University, USA)
Prof. Marc A. Rosen (Ryerson Polytechnic Institute, Canada)
Dr. Hiroshi Sano (Osaka Gas Co., Japan)
Dr. Vinod A. Shah (Norton Chemical Process Products, USA)
Dr. Robert M. Simon (U.S. Department of Energy, USA)
Dr. Meyer Steinberg (Brookhaven National Laboratory, USA)
Dr. A. Steinfeld (Paul Scherrer Institute, Switzerland)
Prof. Yutaka Suzuki (Osaka University, Japan)
Prof. Yutaka Tamaura (Tokyo Institute of Technology, Japan)
Prof. Wim C. Turkenburg (University of Utrecht, The Netherlands)
Dr. Alan M. Wolsky (Argonne National Laboratory, USA)
Prof. Koichi Yamada (The University of Tokyo, Japan)

問合せ先: 〒152 東京都目黒区大岡山 2-12-1

東京工業大学 炭素循環素材研究センター
玉浦 裕 (TEL:03-3726-1111 (3292), FAX:03-3727-7541)

シンポジウム開催と論文および参加募集のお知らせ
第2回 微粒化シンポジウム 《21世紀への挑戦》

主催：日本液体微粒化学会 (ILASS-Japan)

1. 開催期日・場所 期日：1993年12月21日(火)～22日(水)
場所：慶応義塾大学 理工学部 矢上台校舎 (日吉)
2. 募集講演 微粒化の基礎、応用、測定法、微粒化の効果など微粒化に関するあらゆる分野の幅広い成果を募集 種類は下記の通り
 - 1) 研究講演[A4(¥1300#)4～6頁]
 - 2) 速報講演[同 2～4頁]
 - 3) デモンストレーション・パネル講演[同 1～2頁]
3. 講演申込方法 (1)講演申込書請求：下記事務局に ① 氏名、② 講演の種類、③ 所属・連絡先及び電話番号 を明記の上、講演申込書を請求
(2)講演申込締切：1993年 9月30日(水) までに講演申込書を提出
(3)前刷原稿期限：1993年10月30日(土)
4. 参加申込方法 (1)参加費(前刷集代を含む)：協賛学協会会員も「会員」として登録
会員 6,000円(事前 5,000円)、非会員 9,000円(事前 8,000円)
学生 2,000円、懇親会 5,000円(学生は無料)
(2)事前申込方法：郵便振替にて費用の合計額を振込むと同時に、はがきに「微粒化シンポジウム参加申込」と表記の上、
①氏名、②所属・連絡先及び電話番号、③懇親会への参加の有無を明記し、1993年11月30日(火) までに下記事務局宛申込み
郵便振替口座 番号：広島 2-23657
名称：広島大学工学部第一類(機械系)
原動機工学講座 日本液体微粒化学会
5. 事務局(問合先) 〒223 横浜市港北区日吉 3-14-1
慶応義塾大学 理工学部 機械工学科
徳岡研究室 気付
『日本液体微粒化学会』東京事務局
担当 徳岡 直静
Tel.045-563-1141 Ex.3196 Fax.045-563-5943

日本伝熱学会第31期（平成4年度）総会議事録

日時：平成5年5月27日（木）13時20分～14時20分

場所：横浜市開港記念会館 〒231 横浜市中区本町1-6

議題

議事に先立ち、藤江邦男議長より、出席者154名、委任状37通、合計191名で、定足数120名に達しており、総会が成立していることが報告された。

[I] 第31期事業報告

井上晃事務担当副会長より、日本伝熱学会第31期（平成4年度）総会議題資料（以下、資料と呼ぶ）[I]に基づいて報告され、承認された。

[II] 第31期会務報告

井上晃事務担当副会長より、資料[II]に基づいて報告され、承認された。

[III] 平成4年度会計報告

井上晃事務担当副会長より、資料[III]に基づいて報告され、また飯田嘉宏監査から会計が適切になされていることを確認した旨報告され、承認された。

[IV] 平成5年度事業計画および収支予算案

井上晃事務担当副会長より、資料[IV]に基づいて報告され、承認された。

[V] 日本伝熱学会学術賞・技術賞授賞

伊藤猛宏副会長より選考経過についての報告がなされた。日本伝熱学会学術賞には、代表研究者林勇二郎氏と共同研究者の寺西恒宣氏・滝本昭氏・羽根田完爾氏、および代表研究者牧野俊郎氏と共同研究者の加賀邦彦氏に授賞された。また日本伝熱学会技術賞には研究代表者古藤悟氏と共同研究者の山中晤郎氏・片山忠久氏・知久道明氏に授賞された。

[VI] 第32期役員選出

井上晃事務担当副会長より、資料[VI]に基づいて次期役員の提案がなされ、原案どおり承認された。

[VII] 旧・新会長挨拶

藤江邦男旧会長および棚沢一郎新会長より、それぞれ挨拶がなされた。

組織検討委員会の終了と法人化委員会の発足について

組織検討委員会（藤井哲委員長他）は、平成3年度より活動を行って来たが、定款の策定、学会組織の改組等の任務を終えたので、今回その活動を終了した。他方、新たに学会の法人化業務に対処するため、法人化委員会を発足させることとなった。会員各位のご支援をお願いしたい。

メンバー	委員長	藤井 哲（九州大学）
	副委員長	相原 利雄（東北大学）
	幹事	河村 洋（東京理科大学）
	委員	企画担当副会長 総務部会・総務幹事 総務部会・会計幹事

研究会の設置について

この度の本学会の定款等の改定にともない、特定の研究テーマについて研究会を設置することができるようになりました。研究会は主査が委嘱する委員によって構成されるほか、会員は、主査の同意を得て研究会に参加することができます。

今回、次の研究会が設置されることとなりました。主査は、新たに設けられた制度によって推薦会員となられた中島利誠教授（お茶の水大）です。本学会のこの方面の研究の活発化が期待されます。

名称 「人間熱科学研究会」

趣旨 人間は、生命維持のための体温制御、生活環境における快適感等を通じて「熱」と極めて大きな関わりを持っている。本研究会では、伝熱学の研究者と、医学、生理学、被服学、建築学等の研究者との学際的な協力を通じて、人間における熱科学研究の新たな展開を図ることを目的とする。

設置期間 平成5年5月～平成7年5月

メンバー	主査	中島 利誠（お茶の水大，生活科学部）
	幹事	田辺 新一（同上）
		河村 洋（東京理科大学，理工学部）
	委員	若干名

以上

事務局からの連絡

1. 学会案内と入会手続きについて

【目的】

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

【会計年度】

会計年度は、毎年4月1日に始まり翌年3月31日までです。（但し、「伝熱研究」の巻と表紙の色は1月号から10月号までの一年間同じです）

【会員の種別と会費】

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

【会員の特典】

会員は本会の活動に参加でき、次の特典があります。

- 1) 「伝熱研究, THERMAL SCIENCE AND ENGINEERING」の郵送が受けられる。
(本年度発行予定：本号, 10月号, 1月号)
 - ・正会員、学生会員、名誉会員、推薦会員に1冊送付
 - ・賛助会員に口数分の冊数送付
- 2) 「日本伝熱シンポジウム講演論文集」の無料郵送が受けられる。
 - ・正・学生・名誉・推薦の各会員に1部、賛助会員に口数分の部数送付
(但し、伝熱シンポジウム開催の前年度の3月25日までに前年度分までの会費を納入した会員に限る)

【入会手続き】

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

（注 意）

- ・申込用紙には氏名を明瞭に記入し、難読文字にはJIS1-1のご指示をお願いします。
- ・会費納入時の郵便振替用紙には、会員名（必要に応じてフリガナを付す）を必ず記入して下さい。会社名のみ記載の場合、入金の手続きができず、会費未納のままとなります。
- ・学生会員への入会申込においては、指導教官による在学証明（署名・捺印）が必要です。

2. 会員の方々へ

【会員増加と賛助会員口数増加のお願い】

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

【会費納入について】

会費納入状況は「伝熱研究」郵送ラベルの累積請求額でご確認下さい。会費納入には折込みの郵便振替用紙をご利用下さい。その他の送金方法で手数料が必要な場合には、送金額から減額します。フリガナ名の検索によって入金の手続きを行っておりますので会社名のみで会員名の記載がない場合には未納扱いになります。

【変更届について】

（勤務先、住所、通信先等の変更）

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

（賛助会員の代表者変更）

賛助会員の場合には、必要に応じて代表者を変更できます。

（学生会員から正会員への変更）

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

（変更届提出上の注意）

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

【退会届について】

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

【会費を長期滞納されている方へ】

長期間、会費を滞納されている会員の方々は、本号宛名ラベルの会費請求額をご確認の上、至急納入をお願いします。特に、平成2・3年度以降の会費未納の方には「伝熱研究・THERMAL SCIENCE AND ENGINEERING」の送付を停止しており、近く退会処置が理事会で協議されます。

3. 事務局について

次の業務を下記の事務局で行っております。

事務局	
(業務内容)	
i) 入会届、変更届、退会届の受付	
ii) 会費納入の受付、会費徴収等	
iii) 会員、非会員からの問い合わせに対する対応、連絡等	
iv) 伝熱シンポジウム終了後の「講演論文集」の注文受付、新入会員への「伝熱研究・THERMAL SCIENCE AND ENGINEERING」発送、その他刊行物の発送	
v) その他必要な業務	
(所在地)	〒113 東京都文京区本郷5-25-18
	日本伝熱学会
	TEL, FAX: 03-5689-3401
	(土日、祝祭日を除く、午前9時～午後5時)

(注 意)

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

〒152 東京都目黒区大岡山2-12-1
東京工業大学 工学部 機械宇宙学科 土方邦夫
TEL: 03-3726-1111
(内線 3172、3336)
FAX: 03-3729-0628

日本伝熱学会 正会員・学生会員入会申込み・変更届用紙

(右の該当に○を記入) 1. 正会員・学生会員入会申込書
2. 変更届 (書面による届出のみ受け)

0	申込年月日	H		年		月		日
1	会員資格	正・学						
2	氏名							
3	ふりがな							
4	生年月日	M		T		S		年 月 日

(注 意)
・楷書体で明瞭に記入
・氏名にふりがなを付す
・通信文は余白に記入
・申込み時に郵便振替にて会費納入

5	* 勤務先	名称						
6		〒		—				
8	・ 所在地	所在地						
9		TEL						
10		FAX	共通・専用					

12	自宅	〒		—				
13		住所						
14		TEL						

16	通信先**	勤務先 ・ 自宅						
17	学位							
18	最終出身校							
19	卒業年次	T		S		H		年
20	専門分野		.		.			

← (下記専門分野の番号)

21	学生会員の場合: 指導教官名***	印						
----	-------------------	---	--	--	--	--	--	--

専門分野

- 1: 自然対流 2: 強制対流 3: 熱伝導 4: 凝縮 5: 沸騰・蒸発 6: 混相流
7: 物質移動 8: 反応・燃焼 9: 放射 10: 熱物性 11: 熱交換器 12: 流動層
13: 蓄熱 14: 冷凍・空調 15: 内燃機関 16: ガスタービン 17: 蒸気機関 18: 原子力
19: 太陽熱 20: 環境 21: その他 ()

例: 電子機器の冷却、生体伝熱、分子動力学等

*) 学生会員入会申込者は学校名、学部、学科、研究室名、学年 (M2, D3など) を記す。

***) 郵送物発送先として通信先を必ず記入する。

****) 学生会員入会申込者は、指導教官の署名・捺印を受ける。

日本伝熱学会 賛助会員新規入会申込み届用紙

0	申込年月日	H		年		月		日
---	-------	---	--	---	--	---	--	---

※ご記入に際しての注意

日本伝熱学会からの郵送物は代表者にお送りしておりますので、代表者の所属に変更がありましたら、書面にて事務局宛ご連絡下さるようお願いいたします。

1	会員資格	賛助会員
2	代表者氏名	
3	ふりがな	

4	代表者勤務先	名称(所属)																		
5		〒																		
6		所在地																		
7		TEL																		
8		FAX																		共通・専用
9	口数																			

日本伝熱学会入会のご案内

1. 本学会の会計年度は毎年4月1日から翌年3月末日までです。
2. 賛助会員の会費は1口30,000円/年で、申し込みは何口でも結構です。申し込み口数により、次のように分けております。
A(3口)、B(2口)、C(1口)
3. 会員になりますと「伝熱研究」及び「日本伝熱シンポジウム講演論文集」等をお申し込み口数1口につき1部お送りします。
この伝熱研究は通常、年4回(4、7、10、1月号)発行しております。
但し、日本伝熱シンポジウム講演論文集につきましては、前年度の会費を年度末までに納入された会員に限り当該年度のものをお送りします。
尚、年度途中でご入会の方には残部の都合でお送りできない場合もありますので、あらかじめご承知おき下さい。
4. 本学会では、事務作業簡素化のために会費の領収書の発行は郵便振替や銀行振込の控えをあてています。簡単な書式の領収書はご用意できますが、それ以外の場合には貴社ご指定の書式をご送付下さいますようお願いいたします。

申込書送付先: 〒113 東京都文京区本郷 5-25-18
日本伝熱学会事務局
TEL., FAX. 03-5689-3401

会費の払込先:

- (1) 郵便振替の場合 -- 郵便振替口座 東京6-14749 日本伝熱学会
- (2) 銀行振込の場合 -- 第一勧業銀行 大岡山支店 普通預金口座 145-1517941
日本伝熱学会 代表 上方 邦夫
- (3) 現金書留の場合 -- 上記の事務局宛に御送金下さい。

複写をされる方に

本誌に掲載された著作物を複写したい方は、著作権者から複写権の委託を受けている次の団体から許諾を受けて下さい。

学協会著作権協議会内日本複写権センター支部
〒107 東京都港区赤坂 9-6-42-704
Phone 03-3475-4621/5618
Fax 03-3403-1738

Notice about photocopying

In the U.S.A., authorization to photocopy items for internal or personal use, or the internal or personal use of specific clients, is granted by [copyright owner's name], provided that designated fees are paid directly to Copyright Clearance Center. For those organizations that have been granted a photocopy license by CCC a separate system of payment has been arranged.

Copyright Clearance Center 27 Congress St.
Salem, MA 01970
Phone (508)744-3350
Fax (508)741-2318

伝 熱 研 究

ISSN 0910-7851

(Journal of The Heat Transfer Society of Japan)

Vol.32, No.126

1993年 7 月 発行

THERMAL SCIENCE AND ENGINEERING ISSN 0918-9963

Vol.1, No.3

July, 1993

発行所 **日 本 伝 熱 学 会**

〒113 東京都文京区本郷5-25-18

電話 03(5689)3401

Fax. 03(5689)3401

郵便振替 東京 6-14749

Published by

The Heat Transfer Society of Japan

25-18, Hongo 5-chome, Bunkyo-ku,

Tokyo, Japan, Post No.113

Phone, Fax: +81-3-5689-3401

伝熱研究 Vol. 32, No. 126

会長就任にあたって.....第32期会長 棚澤一郎(東大)
 会長退任にあたって.....第31期会長 藤江邦男(新明和)

<第5回日本伝熱学会賞>

第5回日本伝熱学会賞を選考して.....伊藤猛宏(九大)
 日本伝熱学会学術賞を受賞して.....林勇二郎・寺西恒宣・滝本 昭・羽根田完爾(金沢大)
 日本伝熱学会学術賞を受賞して.....牧野俊郎(京大)・加賀邦彦(三菱電気)
 日本伝熱学会技術賞を受賞して
古藤 悟・山中晤郎(三菱電気)・片山忠久(九大)・知久道明(三菱電気)

<小特集：非線形現象へのアプローチ>

過熱液滴の非線形振動.....徳川直子・高木隆司(東農工大)
 結晶の形態形式.....小林 亮(龍谷大)
 非線形システムの中のパターンと現象の縮約.....甲斐昌一・那須野悟(九工大)
 乱流境界層の速度信号に見られるフラクタル構造.....中村育雄・辻 義之(名大)

<第30回日本伝熱シンポジウム記念講演会>

第30回日本伝熱シンポジウム記念講演会「ネクスト30」について.....望月貞成(東農工大)
 New Tides of Transfer Research in U.S.A.....Wen-Jei Yang(ミシガン大)

<第30回日本伝熱シンポジウム>

第30回日本伝熱シンポジウムを終えて.....準備委員長 前田昌信(慶応大)
 準備委員会・総務を担当して.....準備委員 菱田公一(慶応大)
 ラポーター方式セッションの試行について.....準備委員 森 康彦(慶応大)

<ラポーターセッション報告>

乱流伝熱の素過程(シミュレーションとモデリング).....長野靖尚(名工大)
 乱流伝熱の素過程(構造と輸送機構).....笠木伸英(東大)
 対流伝熱の数値計算(強制対流).....河村 洋(東理大)・平井秀 郎(東工大)
 対流伝熱の数値計算(自然対流).....尾添紘之(九大)
 遷移沸騰のメカニズムとモデル.....庄司正弘・西尾茂文(東大)

<重点領域研究の案内>

重点領域研究「新素材の製造・加工技術にかかわるマイクロ伝熱工学の展開
 (略称：新素材マイクロ伝熱)」について.....棚澤一郎(東大)

THERMAL SCIENCE AND ENGINEERING Vol. 1, No. 3

1. Temperature and Thermal Stress in a Liquid-Encapsulated.....1
 Czochralski-Grown Single Crystal(in Japanese)
 (*Effects of Radius and Temperature of Crucible*)
 Iwaki T., Koizumi K. and Sasaki M.
 (*Thermal Stress, Residual Stress, Crystal Growth
 Czochralski Technique, Dislocation, Resolved Shear Stress*)
2. The Thermal Environment of Large Underground Power Plants.....11
 (in Japanese)
 Fujii Y., Tokaji S., Miyata Y., Yanagihara R. and Yoshinuma T.
 (*Power plant, Underground, Thermal environment, Network model*)