

THERMAL HYDRAULICS

熱流動部会ニュースレター (第 51 号)

AESJ-THD

NEWSLETTER (No.51)

November 11, 2005

研究室紹介

琉球大学 工学部 機械システム工学科 流体講座
石川正明

琉球大学工学部機械システム工学科流体講座には、伊良部邦夫 助教授、照屋 功 助教授、小橋川康夫 技官と私、石川正明助手の4名のスタッフで運営され、現在、7名の博士前期課程の学生と8名の卒論生がいる。研究のテーマは、沖縄県の自然環境をテーマにしたものや島々からなる地域特性を活かしものを多く含んだテーマを与えている。以下に、現在行っている研究テーマについて紹介する。

1. サボニウス風車の周りの流れに関する研究
2. 太陽光熱を利用した海水淡水化装置の開発
3. 後方ステップ再付着流れのパッシブ/アクティブ制御に関する研究
4. 縮流路における気液二相流に関する研究
5. PIVによる後処理方法に関する研究

このテーマ内において、自然環境エネルギーをテーマにした研究テーマについて、研究を紹介したい。

1. サボニウス風車周りの流れに関する研究

サボニウス風車は、2枚の半円からなる翼を用いた抗力型垂直風車として知られている。このサボニウス風車の特徴として、風向を気にしない、低風速において高トルク係数を持つ、初期起動性が良い、抗力型のため周速比 ($\Gamma = R\omega/U$, R :半径, ω :周速度, U :一様流速) が1より小さく、回転速度は比較的遅いため、手に触れた場合凸面に接触するため、他の翼構造に比べ安全である等、様々な特徴を持つ。沖

縄県は、海に囲まれた島々からなり、風車に適した風況分布を持つ地域であることも知られる。しかし、年に数回台風も通過するため、風車の維持/管理の重要な問題である。また、島々への安定した電力供給を行うには、発電所だけではなく、太陽・風力、その他のエネルギーを利用した電力供給システムの開発は重要な課題であり、研究開発等も盛んである。我々の研究室では、サボニウス風車の特徴を利用して、より高効率の風車を目指して、風車特性とその周りの流れ構造解析を行い、風車の形状/構造など開発を行っている (図1)。

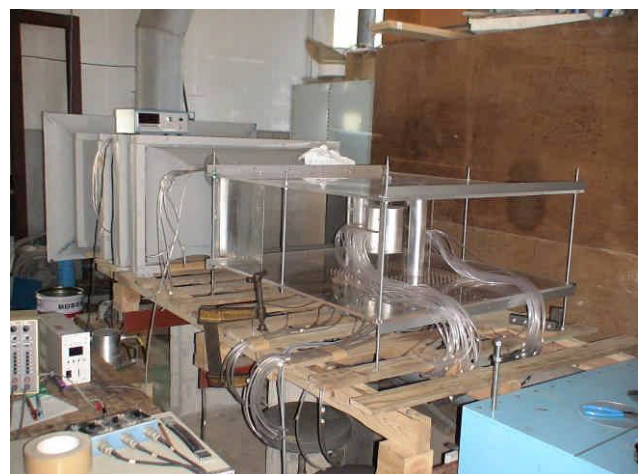


図1. 風洞によるサボニウス風車の性能検査

2. 太陽光熱を利用した海水淡水化装置の開発

島々からなる沖縄県にとって、地理的、地形的に

厳しい自然条件下にあるため、古くから飲料水の確保に苦勞してきた。河川やダムについては、1級河川はなく、流域面積が小さく流域延長も短い河川が大半を占めている。また、ダムの建設できる地域も限られ、河川・ダムにおける保水能力は他の都道府県と比較して低い状況である。また、降水量は全国平均 1800mm に対して、数百ミリ多いが、そのほとんどは梅雨や台風によってもたらされるため、降水量の変動が大きく、さらに人工密度が高い問題があり、安定した飲料水の確保が望まれる。このような状況下で、十分な飲料水を確保するためには、海に含まれる膨大な水を飲料水として利用することが望まれる。そこで我々は太陽光の熱エネルギーを利用した蒸留法による海水淡水化装置の開発、およびその性能について調査・研究を行っている。図2は太陽光熱を利用した海水淡水化装置を示している。太陽光によって集められた熱は装置下部に貯められた海水を蒸発させ、その飽和蒸気を蒸留することで、淡水を得るシステムである。現在、蒸留部の構造を多段システムにし、最適化設計を行っている。

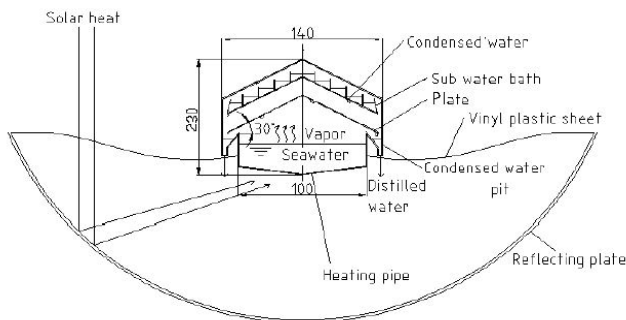


図2. 太陽光熱による海水淡水化装置の概略図

私は、2004年11月から琉球大学に着任し、約1年となるが、現在もまだ PIV を利用した計測システムを構築している最中である。以下に、以前まで博士研究員で所属していた東京大学（班目・岡本研究室）で行ってきた研究について4テーマ程紹介したいと思う。

1. 高空間分解能を有する流速計測法⁽¹⁾

近年、1k×1k 画素で、2kHz の速度で撮影可能な高速度カメラや高出力・高繰り返し数のレーザーが開発され、高速流れの瞬時の速度情報を時系列で取

得することが可能となった。このような高速度カメラとレーザーを組み合わせ、流体の瞬時の動的現象を抽出することが可能なシステムをダイナミック PIV (Dynamic PIV) と呼ぶ。このシステムの登場によって時間におけるダイナミックレンジは飛躍的に伸びた。我々はさらに空間におけるダイナミックレンジの拡大を図るために、複数台のカメラを利用し、大小様々な渦構造を含む流れ場に対して、高い空間分解能を有するシステムの開発を行った。図3に装置の概略図を示す。本システムではカメラの配置、レンズの選定、PIV 計測可能なカメラとレーザーの制御方法について検討した。このシステムを利用して自由噴流場（図4）に適用して、PIV 処理による問題点を明らかにしている。

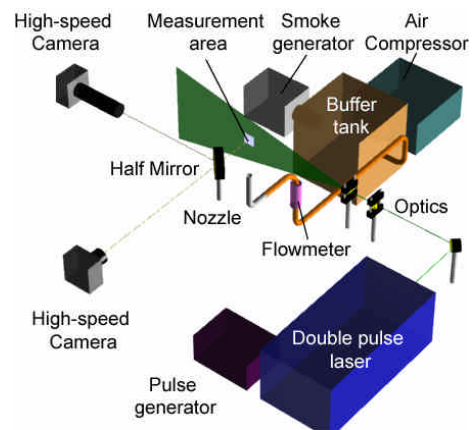


図3. マルチスケール PIV システムの概略図

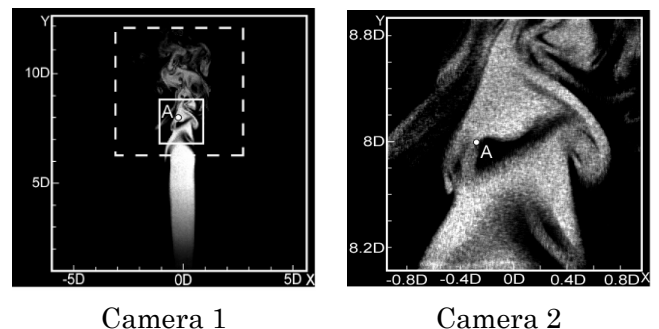


図4. 噴流の原画像

2. 数マイクロ秒間隔の流速計測システムの開発⁽²⁾

非常に短い二時刻間の画像を得る手法として、フレームストロリングがある。その方法はダブルパルスレーザーを非常に短い間隔で発振することで、瞬時の二画像を得る方法である。このとき、カメラには、フレーム間において記録できない不感時間が

あり、2フレーム間隔の最小時間はこの不感時間によって決まってしまう。そのため、現在、この不感時間を極力抑えたもので、IDT製 X-Stream XS-3で $0.1\mu\text{s}$ のものがあるが、解像度やフレーム速度がわずかに制限される。また、その他のカメラを利用した場合には数マイクロの不感時間を持つ。そこで、我々は2台のカメラを利用し、この不感時間を利用した高速撮影システムを構築した。図5は Photron MAXを2台利用した時の不感時間より短い間隔の2画像を得るための、カメラとレーザーの制御を示している。カメラ2台は同一のレーザーシート内の撮影領域を撮影できるように配置させている。この制御システムから、2台のカメラはそれぞれ不感時間だけズレを持つように設定する。その時間のズレの間にダブルパルスをそれぞれ1発ずつ照射することで、2台のカメラ内に限りなく0秒に近い時間間隔までの瞬時の2画像の撮影が可能となる。ただし、現在、最高のレーザーを利用した場合でも、サブマイクロ秒が限界であり、今後の高速度カメラとレーザーの開発が期待される。

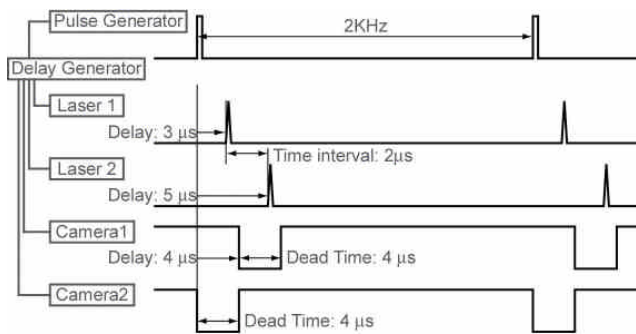


図5. カメラとレーザーの制御

3. 狭隘流路内の平板周りのダイナミック PIV 計測⁽³⁾

ダイナミック PIV を用いることによって、過渡現象や非定常現象に対する計測が可能である。そこで、狭隘流路内の平板周りを高速な噴霧流が通過する際の流動現象に対して適用した。図6と図7にそれぞれ平板と流路の概略図と実験によって得られた原画像を示している。解像度は 386×304 ピクセル、フレーム速度は 20kHz 、フレームストロキング間隔は、 $20\mu\text{s}$ で計測を行った。従来、数 kHz の計測が主に行われているが、約10倍のフレーム速度で撮影を行い、非常に高速な流れでも計測可能

であることを示した。さらに、PIVによる速度ベクトルから渦度を算出し、エッジから発生する渦構造を時系列で捉えている。

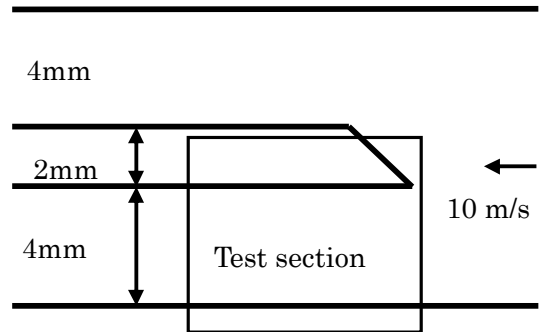


図6. 平板周りの流れ

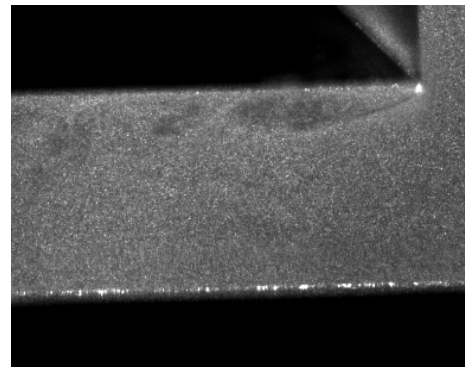


図7. 平板周りの可視化画像

4. 分散性気液二相流噴流のダイナミック PIV 計測⁽⁴⁾

分散性気液二相流に対して、気泡と液相流動を同時に計測するための可視化システムを構築した。気泡の抽出を容易にするために、赤外線バックライト照明し、また、同時に液相流動は、ダブルパルスレーザーを利用して、液相中にトレーサ粒子を照明し、単一カメラによって、気泡と粒子を同時に撮影した。その可視化システムを図8に示す。それによって得られた速度ベクトル分布を図9に示す。個々の気泡の速度と液相流速を求めるために、気泡と粒子を別々の画像に分離し、気泡画像は、PTVにより速度を算出し、液相流速は、相関法に基づくPIVにより速度を算出した。ここでは、レーザー制御を工夫することで、高次精度差分を利用した速度ベクトル算出方法も提案している。

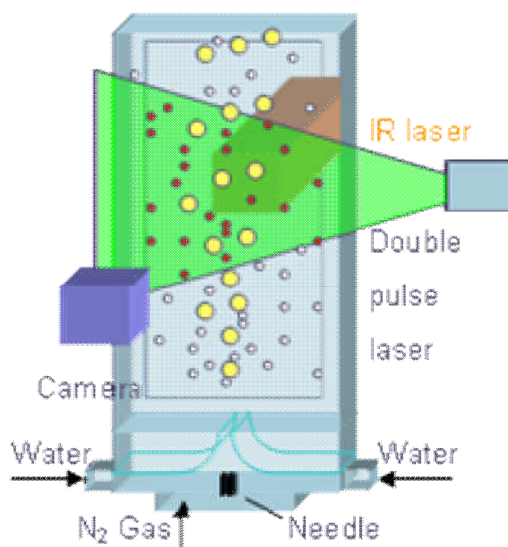


図8. 気泡噴流の可視化システム

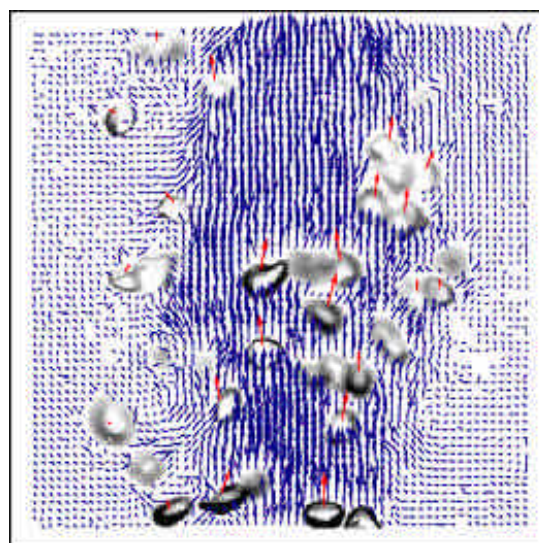


図9. 気泡と液相流の速度ベクトル分布

参考文献

- 1) 石川, 岡本, 班目, “高速度カメラを用いたマルチスケール PIV システムの開発研究”, 可視化情報学会誌 (印刷中).
- 2) Ishikawa,M., Okamoto,K., Madarame,H., “Dynamic PIV Measurement in High-Speed Mist Flow”, ICNE12, ICONE-49562, Book of abstracts: pp.264, (2004).
- 3) Ishikawa,M., Okamoto,K., “Flow Visualization of a Wake Structure around

Thin Plate by using Dynamic PIV System”, ICJWSF-2005, JSME No.05-201, pp.637-641, CD-ROM:P-133 (2005).

- 4) Ishikawa,M., Okamoto,K., Madarame,H., “Development of high-speed PIV/IST system with second order difference on gas-liquid two phase bubbly flow”, Japan-US seminar on two-phase flow dynamics, Vol.1, pp.301-305 (2004).

会員総会報告

第25回 熱流動部会会員総会 議事録

日時 平成17年9月14日(水) 12:00 から 13:00
 場所 日本原子力学会 秋の大会(八戸工業大学 G 会場)

配布資料

- (1) 総務委員会資料(第25回会員総会議事次第、平成16年度収支予算及び実績表、部会特別予算(案)、運営委員会報告、熱流動部会規約、平成16年度日

本原子力学会熱流動部会賞)

- (2) 企画委員会活動報告
- (3) 研究委員会活動報告
- (4) 国際委員会活動報告
- (5) 広報委員会活動報告
- (6) 出版編集委員会活動報告

議事

1. 熱流動部会長挨拶 杉山憲一郎部会長(北大)
 杉山部会長より、近年の原子力に係る国内及び中国の以下のような情勢に鑑みて、熱流動分野の研究を産官学で一層機能的に進める必要があるとのご挨拶が

あった。

- ・ 京都議定書が発効になり、一方で石油の価格は70\$/バレルになろうとしている。
- ・ 既存炉の出力アップに係るロードマップが整備された。
- ・ 中国では現在の成長が継続すれば、2050年に原子力のシェアを10数%にするのに250基もの増設が必要であり、ウランの確保に問題が生ずる。そのために高速炉の開発を計画しており、ロシアの協力を得て2020年頃には原型炉、2025年頃には実証炉の予定であり、日本を追い越すのは時間の問題である。国内では高速炉の開発は必然と言われてきたが、周りはそれ以上に加速している。

2. 総務委員会 山口 彰 総務委員長 (阪大)

2.1 熱流動部会予算 (H16 年度収支報告、部会特別予算)

配布資料(1)の平成16年度収支予算及び実績表、部会特別予算について説明がなされた。特記事項は以下のとおり。

- ・ 17年度予算(査定後)でセミナーの残金を5万円とすることになっているが、これは各部会の努力で収入を得るようにとの主旨である。
- ・ セミナー補助金の支出15万円はドクターフォーラム向け。
- ・ 部会特別予算では平成20年度のNTHAS-6、平成21年度(見込み)のNURETH-(?)に向けた準備金の支出を予定している。

2.2 運営委員会報告

配付資料(1)の「運営委員会報告」に関して、最初に企画委員会改組について以下の説明があった。

- ・ 本年6月の学会改組において、従来の企画委員会が「企画委員会」と「部会等運営委員会」の2つの委員会に分割された。従来の企画委員会が行っていた年会、大会等の事業の推進及び部会、専門委員会等の運営は「部会等運営委員会」の任務となった。これに伴い、熱流動部会の規約の一部改訂が承認された。
- ・ 「部会等運営委員会」の委員(任期は原則3年)は各部会から選出することとなり、熱流動部会からは総務委員長が務めることとなった。任期は、総務委員長の任期である2年とする。

新企画委員会委員である澤田隆前部会長より、新企画委員会の任務が学会の理念・構想を立案審議し、学会のあるべき姿を企画・具現化してゆくことにあるとの説明があり、これまで3回の委員会が開催されたとの紹介があった。また、委員会の「学会として優先すべき実施項目に関するアンケート」調査への協力依頼があった。

続いて原子力学会の運営について以下説明があった。

- ・ 学会発表申し込みから学会までの日程を短縮する方向で検討中。次の秋の年会からの予定。
- ・ プログラム編成についての要望は早めに事務局にお願いしたい。
- ・ 原子力学会編集事務局から学会誌記事の提案募集の依頼が届いていることが紹介された。

2.3 熱流動部会表彰

澤田隆表彰委員会委員長より、春の大会の優秀講演賞について表彰委員会による厳正な審査により決定されたとの報告があり、引き続き表彰式が行われた。受賞者は以下のとおりである。

秋の大会優秀講演賞(3名) [50音順]

核燃料サイクル開発機構	内堀 昭寛 氏
東京大学	酒井 幹夫 氏
テプコシステムズ	千年 宏昌 氏



表彰式の様子

3. 企画委員会 上出 英樹 企画委員長 (サイクル機構)

配布資料(2)により、秋季セミナーDr フォーラムの開催について紹介があった。実施内容は学会誌、ニュースレターに報告する予定である。

4. 研究委員会 堀田 亮年 研究委員長 (テプコシステムズ)

配布資料(3)により、「多次元二相流構成方程式に関する評価」調査専門委員会が終了し、企画セッションで発表されたこと、「炉心・燃料・機器の合理的な熱流動評価・開発手法」調査専門委員会が発足し、その下の「炉心・機器熱流動評価分科会」で10月にキックオフ会議が予定されていることが報告された。また、同調査専門委員会の下に「燃料調査分科会(仮称)」の設置が検討されているとの紹介があった。

専門委員会は部会活動の重要な柱の一つであり、2つくらいはある方がいいので、どんどん提案して欲しいとの要請があった。

5. 国際委員会 田中 伸厚 国際委員長 (茨城大)

配布資料(4)により「Technical Meeting on Severe Accident and Accident Management」が、熱流動部会及びNUPECの主催、IAEAの共催で計画されていることが紹介され、熱流動部会として承認された。主な発言、議論等は以下のとおりである。

ホームページが作成されており9/20以降Webでの参加申し込み等が可能になる。

同国際会議の日本語タイトルが資料(4)の2カ所で異なっているとの指摘があり、「シビアアクシデント及びアクシデントマネジメントに関する国際会議」が正しいとのこと。

原子力発電部会との連携についてコメントが有り、今後対応することになった。

JNESの成合理事長から、NUPECと連携してゆくことは熱流動部会としての新しい展開であり歓迎したいのご発言があった。

6. 広報委員会 吉田 啓之 公報委員長 (原研)

配布資料(5)により部会ホームページの更新、ニュースレターの発行等の活動について紹介された。ニュースレターの記事を募集中であり宜しくお願ひしたいとの要請があった。

7. 出版編集委員会 阿部 豊 出版編集委員長 (筑波大学)

配布資料(6)により、まず論文誌編集委員の増員に関して説明があった。特記事項は次のとおり。

- 論文誌の総投稿論文数は、平成16年度で360

件(熱流動部門担当44件)であったが毎年60件程度ずつ増加しており、事務方の処理能力との関係で綱渡り状態である。

- 増加の大きな理由は海外、特に韓国、中国からの投稿が増加しているため。
- 毎月30件掲載されることはないので、掲載率の観点で良くなってきている。

次に特集号に関して、以下説明、議論があった。

- 今年度から国際会議の特集号については、実行委員会側で編集、査読を行うことになったが、今年度は既に3件が承認されておりプラスαでの処理は困難である。このため、NUTHOS-6の論文はNuclear Technologyの特集号として出版することとなった。NTHAS-4の論文についても準備はしていたが、杉山部会長と相談した結果、負担が大きくなりやめの方向となっている。(阿部出版編集委員長)
- NTHAS-5については、アジアの原子力における日韓関係の強化、若い人の切磋琢磨の観点で重要であり、特集号を是非やるべきである。来春にCall for Paperの予定である。(杉山部会長)
- 機会が多いので、部会独自に論文集を出すことも含めて学会全体で議論する方がよいのでは。(堀田研究委員長)
- 今は過渡期であり、今後主催者側が意識して準備をすることが必要。特集号を幾つにするかが問題であるが、早めに編集委員会にアナウンスすることが必要である。(阿部出版編集委員長)

8. その他

堀田研究委員長より、学会の予稿に関して現在1ページであり参照するにも内容が少なすぎるため、CD-ROM化されたのを機会に2ページ程度に増やすよう変更できないかとの提案があった。他にも予稿の締切から発表まで15週間と長すぎる等の問題があり、ワーキンググループにおいて検討が予定されているので、その場で議論してもらうこととなった。

9. 副部会長あいさつ 代理 杉山 憲一郎 部会長 (北大)

佐藤副部会長が国際会議で欠席であったため、杉山部会長より、出力アップに係るロードマップの策定、特別専門委員会の立ち上げ等、原子力学会において部会の機能化が図られてきており、今後エンジニアリング的に色々なアイデアを生かせる機会が増加するので、是非若手に学会活動に積極的に関わっていただきたい旨のご挨拶があり部会総会を終了した。

熱流動部会では、学位取得後数年の方々を講師に迎え、学位論文での研究成果を講演いただき、次代を担う若い方々を会員各位に紹介するとともに、今後の活動への激励を行うことを趣旨として秋季セミナー「Dr.フォーラム」を開催している。これまで、北海道（洞爺湖温泉）、福島（J-Village）、静岡（富士、裾野）、京都（真如堂）と4回にわたって開催し、企画として定着してきた。今年も昨年に引き続き、熱流動部会と計算科学技術部会の共催で、「2005年秋の大会」（八戸工業大学）の最終日（9/15）より1泊2日の日程で開催することができた。

当日は八戸工大から本八戸駅を経て八戸駅まで、バスとディーゼル列車を乗り継ぎ、駅前に立つ8階建ての近代的な宿泊施設と会議施設を有するユートリー八戸地域地場産業振興センターに到着した。ここに新進気鋭の講師6名を含め、昨年の実績を上回る29名の参加者が集まった。

杉山 憲一郎 熱流動部会長の挨拶に続き、初日4名、2日目2名の講師から以下の順に講演と質疑を合わせて1件40分から1時間の発表が行われた。座長は初日を山口 彰教授（大阪大学）、2日目を阿部 豊教授（筑波大学）に担当頂いた。

- ・画像方程式法による可視化フィールド解析に関する研究（遠藤 久氏：東北大学）
- ・三次元 TWO-WAY 気泡追跡モデルに基づく気泡流予測に関する研究（牧野 泰氏：三菱重工）
- ・中性子拡散・燃焼カップリング計算（CANDLE 燃焼制御方式）（大岡 靖典氏：原子燃料工業）
- ・高温融体中への水ジェットの貫入と直接接触沸騰に関する研究（柴本 泰照氏：日本原子力研究所）
- ・Anisotropic turbulence modeling for accurate thermal hydraulic simulations
(Dr. Emilio Baglietto：東京工業大学)
- ・格子ボルツマン法による水平層状二相流の界面成長及び変形に関する研究（海老原 健一氏：日本原子力研究所）

熱流動が多いながらも計算科学の面から画像解析、炉物理解析を含む広範なテーマに対して、次々と質問やコメントが出され時間が押してくるほど、それぞれ厳しくも暖かい白熱の議論が展開された。例えば、画像解析のテーマでは、画像データを各位置で3原色の輝度を成分とするベクトル量とみなし数値演算を施すことで様々な特性を取り出す手法に、素人ながらも手法の可能性に促されるように質問が続いた。レイノルズ平均に基づく乱流モデルの開発として、矩形ダ



講演の様子



講演に聴き入る参加者の方々



懇親会の一コマ

クトなどで見られる 2 次流れが評価可能な物理モデルを構築し、モデル定数を単純な体系での DNS などに基づいて定めることで一般化した研究では、研究の完成度の高さに驚嘆の声が聞かれるとともに、その応用やモデルの一般性について議論が交わされた。紙面の関係で全部を紹介できないが、非常に幅広くかつ最先端の研究が紹介され、加えて十分な講演時間によりまとまった話が聞けることで、参加者各位の研究心に火をつける結果となったものと思われる。

初日の夜には、白熱の議論により予定を 15 分程度繰り下げて恒例の懇親会を行い、地元の料理に舌鼓を

打つとともに参加者の親交を深める事ができた。二ノ方 壽 計算科学技術部会長の挨拶の後、講師の方々から Dr. 取得後の会社や大学での研究に関する感想と今後への思いをお聞きした。翌日は午前中に後半 2 件の講演があり、午前 11 時過ぎにプログラムを無事に終了した。会場となったユートリー 1 階に設置された山車をバックに参加者の笑顔はご覧の通りであった。

来年は Dr. フォーラムが初めて実施された北海道の大地に 6 年ぶりに戻り、やはり原子力学会秋の大会に合わせて開催する予定。読者の方々もぜひ熱い議論に参加していただければ幸いである。



山車をバックに参加者の皆様

国際会議カレンダー（Web のみに掲載）

熱流動部会のホームページ <http://wwwsoc.nii.ac.jp/aesj/division/thd/> より最新の情報を入手して下さい。

<編集後記>

ニュースレターへの原稿は、随時受付を行っております。研究室紹介、会議案内、エッセイ等ございましたら、またニュースレターに関するご質問、ご意見、ご要望等

ありましたら、ぜひ下記宛にe-mailをいただければ幸いです。

E-mail宛先 : yoshida.hiroyuki@jaea.go.jp