

THERMAL HYDRAULICS

熱流動部会ニューズレター (第 57 号)

AESJ-THD

NEWSLETTER (No.57)

May 21, 2007

研究室紹介

神戸大学大学院 工学研究科 機械工学専攻 エネルギー環境工学研究室
 富山 明男 / 細川 茂雄 / 宋 明良

神戸大学大学院工学研究科エネルギー環境工学研究室は、富山明男教授、細川茂雄准教授、宋明良助教の3名の教員と学生31名（うち、博士課程後期課程7名、同前期課程15名、学部生9名）で構成され、次の3つの技術・モデルを利用して、エネルギー資源の環境調和型利用技術と環境問題対策技術に係る複雑熱流動に関する様々な研究課題に取り組んでいます。

(A) 複雑熱流動現象の数値予測技術

Computational multiphase fluid dynamics を掲げて、界面追跡モデル (ITM, 図 1(a))、流体粒子追跡モデル (PTM, 図 1(b))、多流体モデル (MFM, 図 1(c)) をハイブリッド統合した Multi-purpose multi-scale multi-component multi-phase flow の統合解析手法を構築し (図 2)、要素モデルの付加を回りつつ、様々な流動現象の数値予測に利用しています (図 3)。本統合手法は、大規模工業装置内で同時に存在する自由表面や変形大気泡、多数の中小気泡・液滴、膨大な数の微細気泡・液滴を各々ITM、PTM、MFM で計算することを可能にし、多分散混相流動の効率的解析を実現できるプラットフォームです。

構成要素である ITM には独自に開発した手法を用いており、体積保存性に加えて、通常の ITM で問題となる表面張力及び界面形状の評価性能に優れ、且つ界面数値拡散が生じません(図 1(a), 図 2, 図 3(d))。

また PTM は空間解像度(気泡・液滴径と計算格子幅の比)に応じて VA-PT、BC-PT、OF-PT を使い分けられ、且つモデルを円滑に PTM から ITM に切り替えることも可能です(図 1(b), 図 2, 図 3(f))。

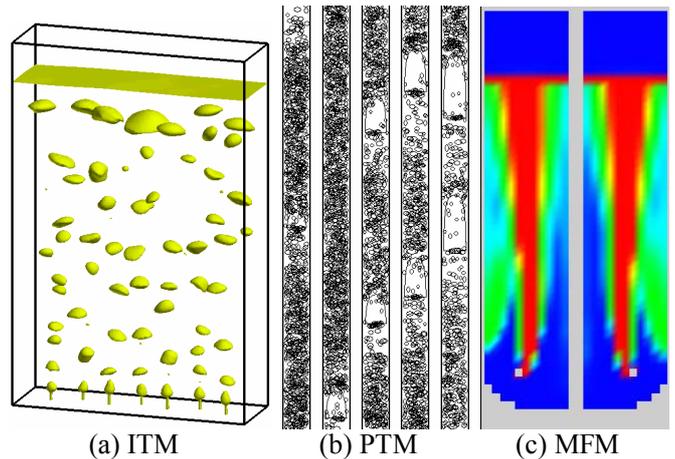


図 1 3種の複雑熱流動現象数値予測モデル

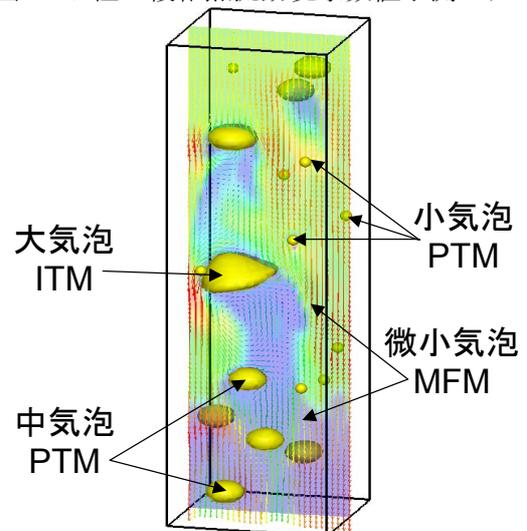


図 2 統合解析手法による多分散気泡流計算

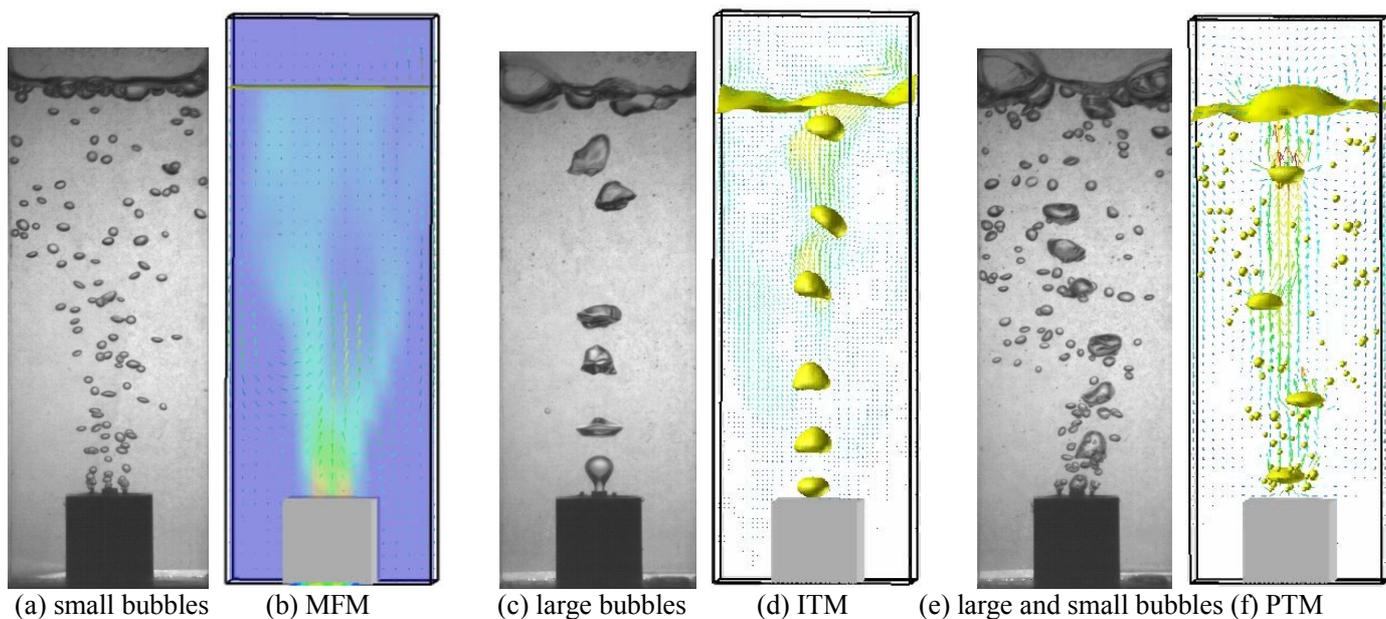


図3 大気泡・小気泡で構成される気泡プルームの可視化画像と計算結果

(B) 高度光学計測技術

複雑伝熱流動現象の解明とモデル構築に不可欠な実験データベース構築に資する新しい光学計測技術及び画像処理技術の開発と高度化に取り組んでいます。図4は2方向同期撮影による気泡流3次元再構成結果、図5はフォトブリーチング分子タグ法による気泡周囲流れ場の計測例、図6は2波長の光強度勾配を用いた3次元PIVの原理を概念的に示したものです。

(C) 気泡・液滴モデル

気泡・液滴力学などの複雑熱流体力学に関する理論・実験的研究を行い、気泡・液滴を含む流れの数値予測に有用な気泡・液滴の抗力・揚力モデルなどの開発と高度化に取り組んでいます。具体的には無限静止液中、一様せん断流中、鉛直円管内液相流れ中の気泡及び液滴の抗力・揚力モデルなどの提案や、界面活性剤の影響評価などに取り組んでいます。

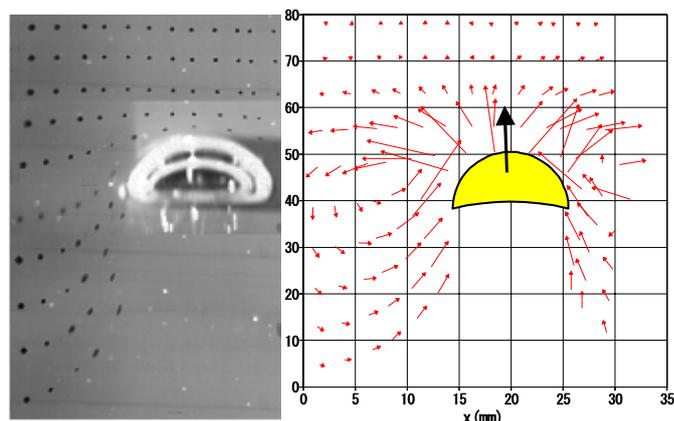


図5 フォトブリーチング分子タグ法による気泡周囲流れ場計測例

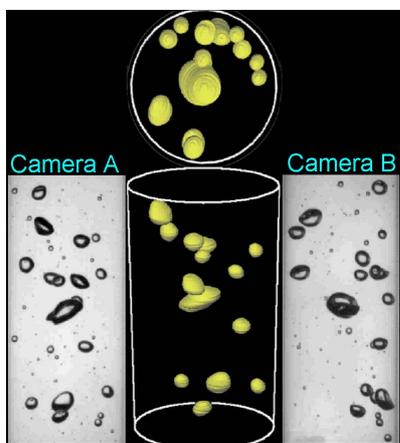
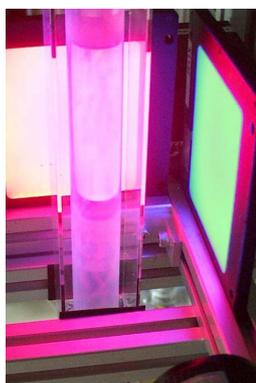


図4 2方向同期撮影による気泡流3次元再構成

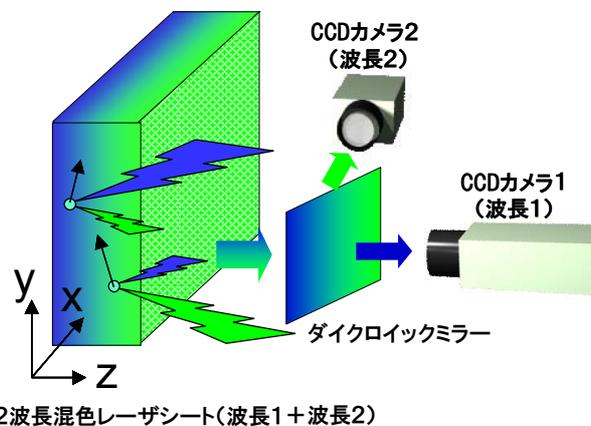
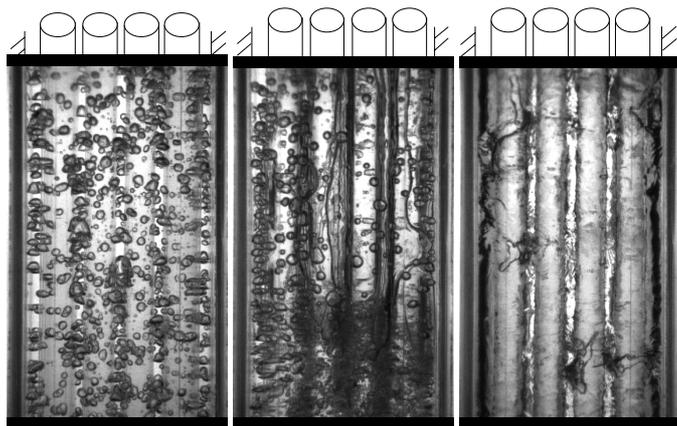


図6 2波長の光強度勾配を用いた3次元PIV

以下に現在取り組んでいる研究テーマの概要をいくつかご紹介します。

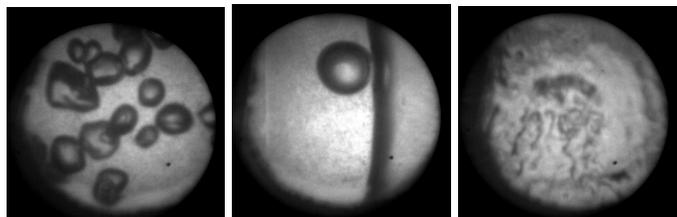
(1) BWR ロッドバンドル内気液二相流

沸騰水型原子炉(BWR)ロッドバンドル内気液二相流動に関する理解を深め、数値予測手法の高精度化を図るため、水と屈折率が等しい FEP チューブ製模擬ロッド 4×4 本のロッドバンドル内空気-水系二相流の可視化計測実験を行いました。図 7 はロッドバンドル全体の可視化画像、図 8 は FEP チューブ内にファイバースコープを挿入して撮影したサブチャンネル画像、図 9 は各サブチャンネルの流動様式分布です。本研究は「革新的実用原子力技術開発提案公募事業」((財)エネルギー総合工学研究所)の一環として実施しました。



(a) 気泡流 (b) チャンネル流 (c) 環状流

図 7 ロッドバンドル全体可視化画像



(a) 気泡流 (b) チャンネル流 (c) 環状流

図 8 サブチャンネル可視化画像

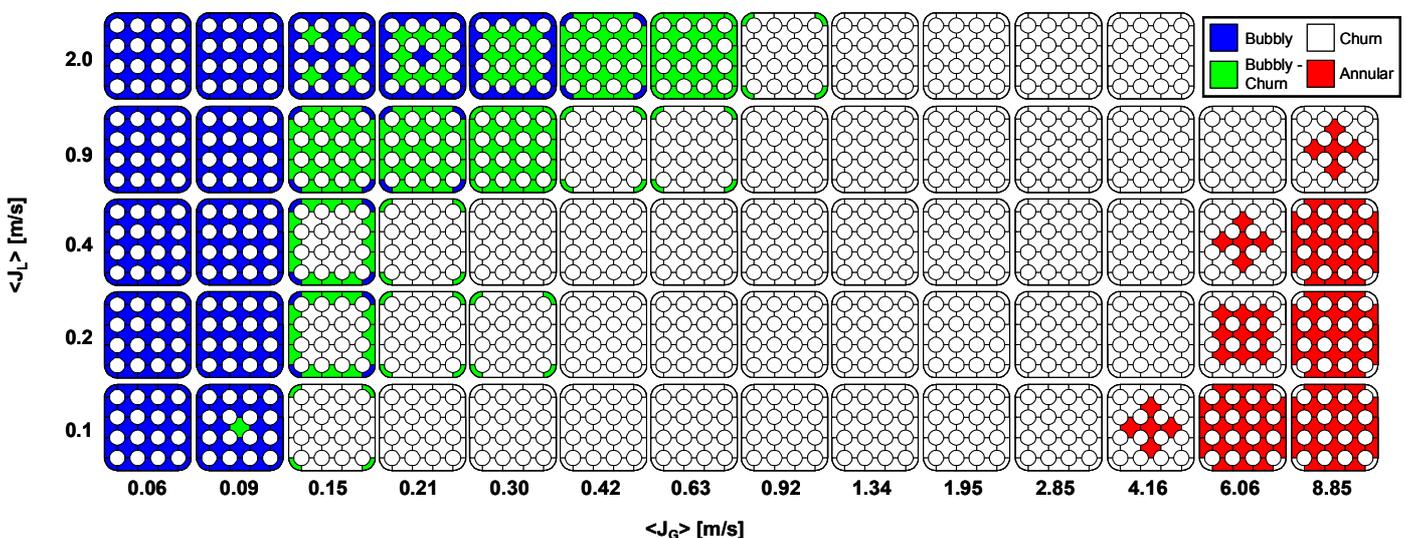
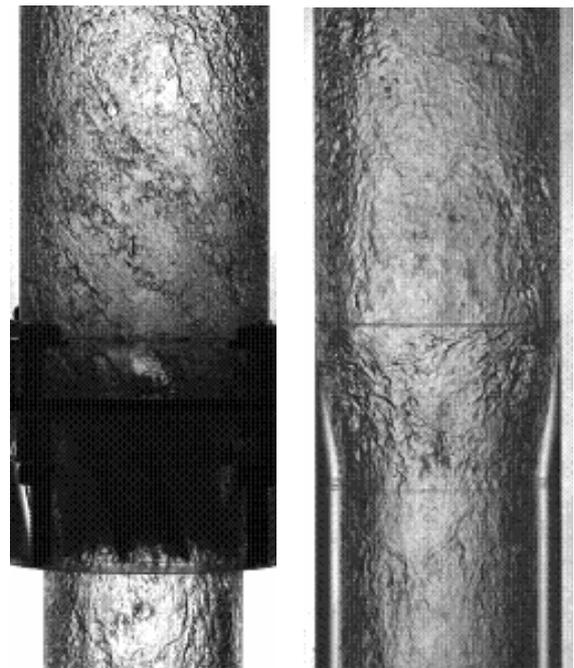


図 9 4x4 ロッドバンドル内サブチャンネル流動様式マップ

(2) 気水分離器内旋回二相流

BWR 気水分離器の合理的設計や改良のために、気水分離器内気液二相流動を高精度予測可能な計算手法が望まれています。本研究は「革新的実用原子力技術開発費補助事業 超高出力密度炉心 ABWR プラントの実用化に向けた技術開発」の一環として行っており、計算手法の精度検証用実験データベース構築を目的として、縮小モデル内空気-水系旋回二相流の流動可視化(図 10)、液膜厚さ、液相分離率、液滴径・速度、圧力損失などの計測を行っています。



(a) スワラーあり (b) スワラーなし

図 10 ディフューザ前後の流動可視化画像

(3) PWR ホットレグ内気液二相対向流

加圧水型原子炉(PWR)ミッドループ運転時の余熱除去機能喪失事象での、ホットレグにおける炉心から蒸気発生器への蒸気流と炉心へ還流される凝縮水の気液二相対向流動及びCCFL特性に関する理解を深め、数値予測モデルを高度化するために、原子力安全システム研究所(INSS)と共同でホットレグ模擬実験装置を用いて空気-水系気液二相対向流の可視化・計測実験を行い(図 11)、モデル高度化に資する実験データベースの構築などに取り組んでいます。



図 11 ホットレグ模擬装置内気液二相対向流

(4) DNB に係る障害物近傍の気泡挙動

PWR 燃料集合体における DNB は燃料棒支持格子の直上流側で発生する確率が高いことが指摘されています。その物理機構を解明するために、支持格子(流路内障害物)付近での気泡の壁方向運動に着目し、様々な模擬実験装置を用いた上昇水流中気泡挙動の可視化と液相流動計測実験(図 12)、および PTM などによる数値計算などを行っています。

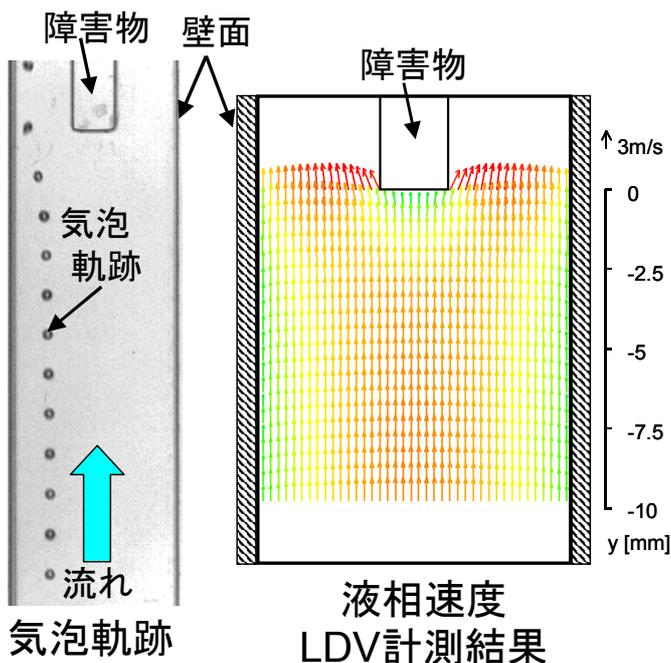


図 12 障害物付近の気泡挙動と液相流れ

(5) 気泡界面における物質輸送

鉛直管内二酸化炭素気泡の溶解過程に関する基礎実験と数値計算(図 13)により、気泡界面における物質輸送特性及び界面活性剤などの影響を調べ、物質輸送予測手法の構築に取り組んでいます。

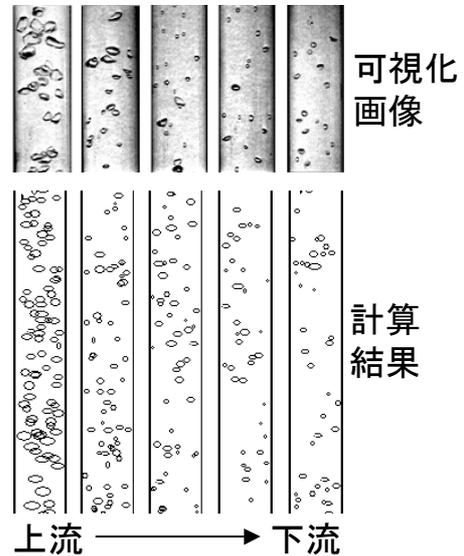


図 13 鉛直管内二酸化炭素気泡流の溶解過程

(6) 気泡塔・GTL 技術 FT 反応塔内流動

Gas to Liquid(GTL)技術の Fischer-Tropsch(FT)反応塔内における化学反応を伴う気液固混相伝熱流動の実験データベース構築と数値予測手法開発を行っています。計算手法は MFM をベースとし、気泡径分布及び気泡合体・分裂などを考慮しています。初期生成気泡径及び気泡合体・分裂を適切に評価することによって気泡径分布を予測し、塔内気相体積率分布などの高精度数値予測を実現しています(図 14)。

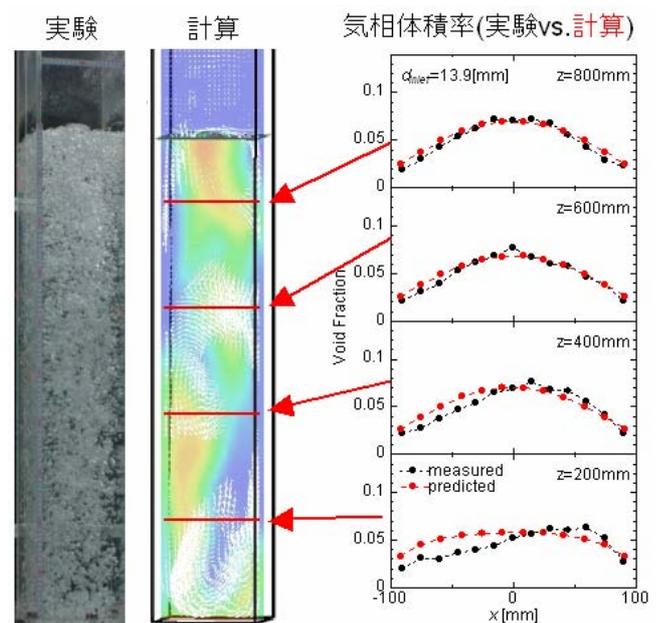


図 14 気泡塔内多分散気泡流の実験結果と計算結果

(7) ノズル内キャビテーションと液体噴流微粒化

液体噴射装置のノズル内でキャビテーションが発達すると液体噴流の微粒化が促進されます。その促進機構を解明するために、2次元ノズル内可視化実験(図15)、ノズル内液相速度計測、キャビテーションと噴流界面における液糸形成過程の同時高速撮影(図16)、ハイブリッド統合解析手法による数値計算などに取り組んでおり、キャビテーション気泡群の崩壊誘起乱れが液糸を形成することを明らかにしました。

その他、マイクロバブル生成機構、鉛直管内気泡乱流の実験データベース構築と数値予測、静電微粒化など幅広い分野の研究課題に取り組んでいます。

(文責：宋)

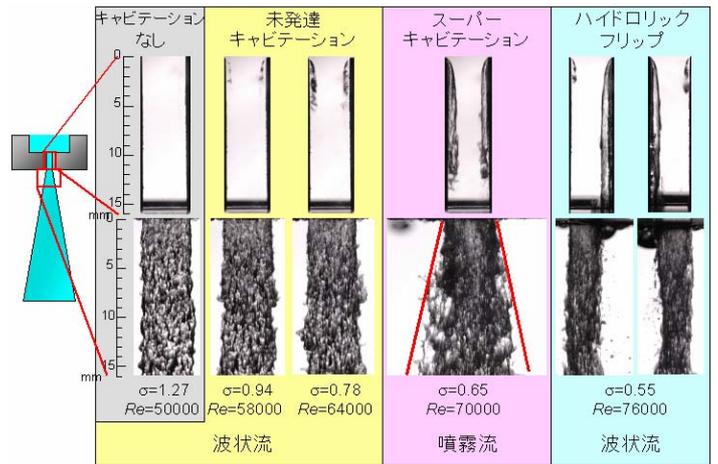


図15 ノズル内キャビテーションと液体噴流様式

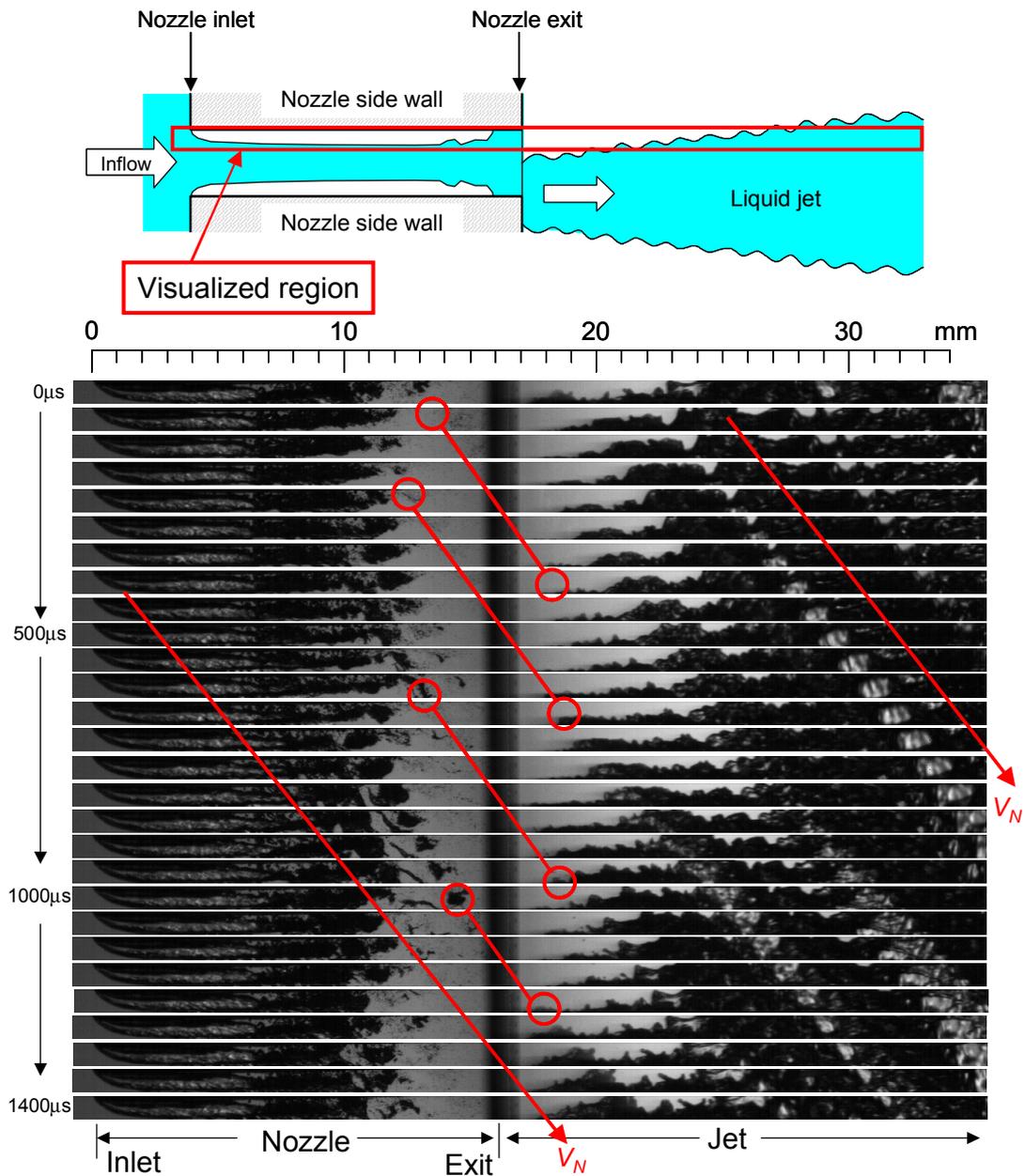


図16 キャビテーション気泡群の崩壊誘起乱れによる液体噴流界面での液糸形成過程の高速撮影結果

会員総会報告

熱流動部会第 29 回会員総会 議事録

- (1) 日時：19 年 3 月 28 日（火）12:00～13:00
(2) 場所：日本原子力学会 2007 年春の年会（名古屋大学：K 会場）

(3) 配布資料：

- ① 熱流動部会第 29 回会員総会 運営委員会資料（a. 議事次第、b.H19/1/23 運営委員会議事録、c.平成 19 年度役員、d.H18 予算決算、H19 予算、特別予算、部会配布金）
② 研究委員会活動方針
③ 国際委員会活動報告
④ 広報委員会活動報告
⑤ 熱流動部会表彰委員会資料

議事

1. 熱流動部会長挨拶（前川部会長）

2. 総務委員会報告（山口総務委員長）

開会の挨拶の後、資料①に沿って運営委員会活動状況について説明があった。

2.1 熱流動部会平成 19 年度役員案（承認）

配布資料①c.により H19 年度役員の交代につき説明があった。H19 年より国際委員会に副委員長を新設することの説明があった。新役員案が拍手にて賛成多数で承認された。

2.2 熱流動部会平成 19 年度予算案（承認）

配布資料①d.に基づき、平成 18 年度決算、平成 19 年度予算の説明があり、拍手をもって賛成多数で承認された。また澤田理事より、部会配布金は部会員数に応じて配分される。部会員増強の協力をお願いするとの発言があった。

3. 企画委員会報告（守田企画委員長）

配布資料②により、秋季セミナー Dr.フォーラムの報告があった。計算科学部会との共催であること、運営費に余裕が出て参加費が 10000 円に値下げされたこと、学会誌、ニュースレターなどに報告をしたこと等の説明があった。

4. 研究委員会報告（堀田研究委員長）

配布資料③に沿って、熱流動部会内の委員会活動

については、継続中の専門委員会の一年間延長、新規研究委員会の設置が承認された。また、JNES が原子力学会に委託する「高速炉熱流動・安全評価」特別専門委員会について、2 月の企画委員会で設置することが承認されたことが報告された。

5. 国際委員会報告（田中国際委員長）

配布資料④に沿って NTHAS5 の報告があった。また、NTHAS6 および日韓スクールを 2008 年に日本（沖縄）で開催することが承認された。今後、熱流動部会を中心に準備を開始する。また、NURETH-13 の日本開催（熱流動部会主催）について状況説明があった。二ノ方理事より NUTHOS 会議は 2008 年 10 月にソウルのウォーカーヒルで開催の方向で準備が進められていること、NURETH-12（本年米国で開催）に参加をお願いしたい旨の補足があった。

6. 広報委員会報告（山本広報委員長）

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。また、メーリングリストに関して、部会員から誤ってメールアドレスに返信する事例が何件かあったため、今後は運営委員のみが発信できるように変更した。発信したいときには広報委員会まで連絡してほしいとの説明があった。

7. 熱流動部会表彰（杉山表彰委員長）

杉山表彰委員会委員長より、熱流動部会各賞の選考について選定理由および結果の報告があった。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。

熱流動部会業績賞	石井 譲 氏、日引 俊 氏 (パーデュー大学)
熱流動部会奨励賞	波津久 達也氏 (東京海洋大学)
秋の大会優秀講演賞	廣川 直機 氏 (テプコスシステムズ) 柴本 泰照 氏 (日本原子力研究開発機構)

8. 三島副部会長挨拶

以上



前川部会長挨拶



業績賞、奨励賞ともに代理の賞雅先生（東京海洋大学）



会場の様子



2006 年秋の大会 優秀講演賞
廣川 直機氏（テプコシステムズ）



三島副部会長挨拶



柴本 泰照氏（日本原子力研究開発機構）代理 中村氏

H18 年度 熱流動部会 部会賞
熱流動部会 業績賞
熱流動部会 奨励賞

秋季セミナー「Dr.フォーラム」講師推薦のお願い

熱流動部会および計算科学技術部会（共催）では、原子力学会「秋の大会」に併せて毎年開催しております秋季セミナー「Dr.フォーラム」の開催に向けて準備を進めております。本フォーラムは、学位取得後数年の方々を講師に迎えて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ものです。今年は、北九州市で開催される「秋の大会」に合わせて実施する予定です。

今回で7回目となる秋季セミナー「Dr.フォーラム」は、最先端かつ完成度の高い研究成果についてまとまった内容がじっくりと聴けることから、毎年、参加者の皆様から大変好評を頂いております。そこで、皆様のお近くに熱流動や計算科学の分野で講師にふさわしい方がおられましたら、ぜひとも本フォーラムの講師にご推薦下さい。尚、本フォーラムの開催につきましては、7月上旬頃、別途、参加募集を案内しますので、部会員の皆様はその際にお申し込みいただくようお願いいたします。

本年度のフォーラムは、以下の日程・場所での開催を予定しております。

開催場所：サンスカイホテル

<http://www.sunsky.co.jp/>（「秋の大会」会場・北九州国際会議場から車で約7分：北九州市小倉北区神幸町2-1）

日 程：平成19年9月29日午後～9月30日午前

- ・ 29日（学会最終日）午後2時頃から夕方7時頃までフォーラム第1部、その後懇親会（一泊）
- ・ 30日午前9時頃からフォーラム第2部、午前中に解散

講演者数：6人程度

「Dr.フォーラム」では、懇親会も予定しております。また、講師の方々の参加費（懇親会費、宿泊費を

含む）は無料で、本フォーラムのためだけに北九州市にお越し頂く場合には、交通費をお支払いできます。

下段の講師推薦フォームにご記入いただき、担当までE-mailでご送付ください。ご推薦頂いた方々の中から人数等を調整し、改めて講師のお願いをさせていただきます。尚、準備の都合上、6月8日を目処に推薦のご連絡を頂きますようお願いいたします。

【講師推薦フォーム】

- * 講師の御氏名：
- * 御所属：
- * 電話番号：
- * E-mail：
- * 御講演のタイトル：
（内容がわかる程度の仮題で結構です）
- * 交通費支給の可否：
（「秋の大会」に参加される場合は支給できません）
- * 講師承諾の有無：
（できれば推薦者の方から事前に御確認下さい）

- * 推薦者の御氏名：
- * 御所属：
- * 電話番号：
- * e-mail：

送付先：守田幸路（九州大学）

（E-mail: morita@nucl.kyushu-u.ac.jp）

（電話：092-802-3498）

フォーラムの実施報告が熱流動部会のwebsite (<http://wwwsoc.nii.ac.jp/aesj/division/thd/>) の「行事のお知らせと実施報告」にございます。合わせて、ご参照下さい。

平成 19 年度 熱流動部会役員

部会長	前川 勇 (カワサキプラントシステムズ)	国際副委員長***	田中 伸厚 (茨城大)
副部会長	三島 嘉一郎 (京大)	企画委員長**	守田 幸路 (九大)
総務委員長*	坂場 弘 (三菱重工)	出版編集委員長**	大竹 浩靖 (工学院大)
総務副委員長*	大川 富雄 (阪大)	出版編集副委員長*	田中 伸厚 (茨城大)
広報委員長**	中村 晶 (INSS)	表彰委員長	杉山 憲一郎 (北大)
広報副委員長*	宋 明良 (神戸大)	海外担当役員	二ノ方 壽 (東工大)
研究委員長*	宇井 敦 (JNES)		
国際委員長*	望月 弘保 (JAEA)		

*:任期2年の1年目、**:任期2年の2年目

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>

遅れがちなニュースレターの発行に皆様のご協力を頂きましてありがとうございます。本年度も中村がニュースレターの編集を担当させていただきます。

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、エッセイ等寄稿お願い致します。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。

ば幸いです。熱流動部会に入会したい方、入会しているがメールが届かない方が身近におられましたらご相談ください。

e-mail宛先：a-naka@inss.co.jp

sou@mech.kobe-u.ac.jp

熱流動部会のホームページ：

<http://wwwsoc.nii.ac.jp/aesj/division/thd/>

からニュースレターの PDF ファイルは入手可能です。