

研究室紹介

静岡大学工学部機械工学科流体環境講座 齋藤・真田研究室*

Saito-Sanada Laboratory of Department of Mechanical Engineering in Shizuoka University

齋藤 隆之**
SAITO Takayuki

真田 俊之***
SANADA Toshiyuki

1. はじめに

静岡大学工学部機械工学科には、機械宇宙コース、機械知能コースがあり、それぞれのコースが4つの分野に分かれ運営されている。その中で機械宇宙コース流体環境講座は乱流や数値解析、流体機械などの4つの研究室から構成され、齋藤・真田研究室では特に混相流をテーマとして研究を行っている。

本研究室は齋藤が2000年に転任した際に作られた比較的新しい研究室で、2007年に真田が加わった。現在2008年度は、教員2名、内地留学研究者1名、海外からの訪問研究者1名、大学院生7名、学部学生6名、計17名で構成されている。今回は研究室の研究案内と研究室の特徴について紹介したいと思う。

2. 研究の紹介

本研究室では、これまでの二酸化炭素海中固定技術であるGLADシステムなどの開発経験から、より基礎的な気泡挙動に関する研究や、その気泡の計測法などの研究を行っている。さらに「混相流」をキーワードに、フェムト秒レーザーと水との相互作用や蒸気噴流を用いた新規洗浄技術開発など、新しい分野の開拓にも挑戦している。以下、基礎研究から応用研究へと紹介を行う。

2.1 気泡挙動に関する基礎研究

PIVやLDV、LIF技術などを用いて、単一気泡の挙動や周囲液相運動、さらには、二気泡、気泡群などの研究を行っている。研究の応用先がGLADシステムや気泡塔など、物質移動が主目的

であるため、物質移動係数が比較的大きなジグザグ・螺旋運動を行う気泡を対象としている。

Fig. 1はPIVを用いて計測したジグザグ運動を行う気泡周囲の液相乱れ分布である。PIV解析では時空間での大量の情報を持つためこのような解析が可能となる。この結果とLIFによる物質移動の可視化結果などを組み合わせることにより、気泡が生み出す乱れと物質移動との関連を調査している。さらには、複数の気泡を発生させることで、より現実の気泡流に近い流れ場や物質移動の詳細構造解明に挑戦している。

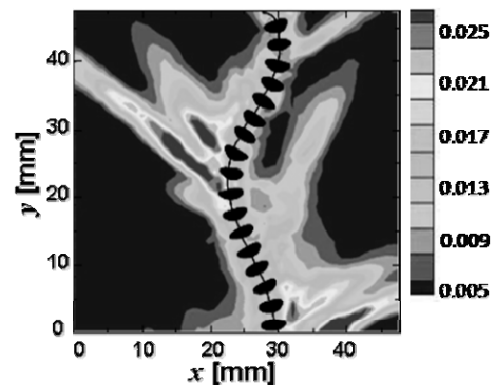


Fig. 1 Turbulence intensity of flow induced by a bubble.

2.2 光と流体との相互作用

フェムト秒パルスレーザーとは、発光パルス幅が数フェムト秒 (10^{-15} 秒オーダー) から数十フェムト秒 (10^{-14} 秒オーダー) の超極短パルスレーザーのことで、多光子吸収による非熱的作用が主体

* 200#.#.# 受付

** 静岡大学創造科学技術大学院 〒432-8561 浜松市中区城北 3-5-1

TEL: (053)478-1601 FAX: (053)478-1601 E-mail: ttsaito@ipc.shizuoka.ac.jp

*** 静岡大学工学部機械工学科

となる。数 μm 径に集光された fs レーザーのエネルギーは、原子内のクーロン力をはるかに超えるエネルギー密度となる。そのため、これまでのレーザーでは見られることの無い新規な現象が観察されている。

Fig. 2 はフェムト秒パルスレーザーを水へと集光させた状態で、集光点周りに複数の気泡が発生している様子を捉えた図である。通常のレーザー照射でも気泡が発生するが、それは熱作用による蒸発によるもので、すぐに消える。一方 fs レーザーを照射すると、水が分解され気泡が生成される。fs レーザーを照射してからの非常に短い時間で何が起きているのか？今後明らかにする予定である。

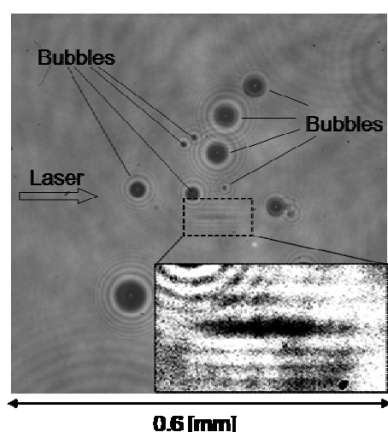


Fig. 2 Bubble generation from a fs-pulse laser.

2.3 光ファイバプローブによる計測法の開発

光ファイバプローブを用いて、分散相の計測手法開発を行っている。特にボイド率が高い気泡塔内や液滴密度の高い噴霧内では、未だ接触計測が主流である。

光ファイバプローブは、光ファイバコア部と接触している流体との屈折率差を検出する方法である。そのため、特に流体を選ぶ必要も無く、校正も不要である。これまでに、比較的大きな気泡（数 mm）を対象とした F-TOP（4本の光ファイバを使用）は実用化研究を終え、製品化している。また2本の光ファイバプローブを用いた T-TOP や1本のプローブで計測を行う S-TOP も、技術としてはほぼ完成している。ここでは、近年開発中のプローブの紹介を行う。

これまでの開発で得た知見を用いて、新しい物

理量が計測可能なプローブの研究を行っている。Fig. 3 は表面張力の異なる液体に S-TOP を接触させた際のプロセスを可視化したものである。図に示すように、表面張力の違いがプローブ端面を覆う速度も変化させている。この違いを利用して表面張力の計測法の開発を行っている。また他にも、前述したフェムト秒パルスレーザーを用いてプローブ先端に極微細加工を施す事による超微細プローブの開発や、プローブ表面に金属を蒸着することによる光電プローブ（光や電気情報の同時通信）の開発によって、複数の物理量の同時計測を目指している。

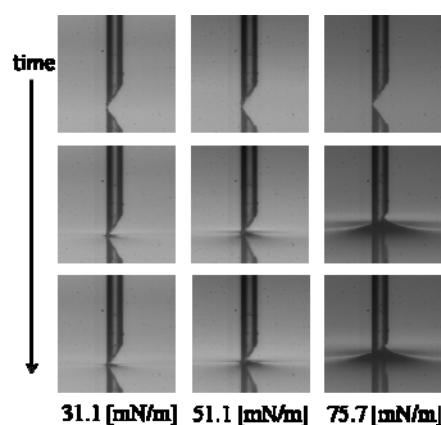


Fig. 3 Free surface and probe interaction.

2.4 気泡塔に関する研究

ここからは、企業との共同研究を中心とした応用研究を紹介する。まず、本研究室での基礎研究の代表的な応用例である気泡塔に関する研究を紹介したい。

本研究室では、3辺が 400mm の矩形型、高さ 1500mm 内径 380mm の円形型、および高さ 15m 内径 150mm の大規模型という3種類の気泡塔を目的に応じて使い分けている。いずれの気泡塔もアクリル樹脂製で中の観察が可能となっており、また、ウォータージャケットを備えることで LDV 計測も可能となっている。本研究室では、特に、非定常な詳細流動構造に着目して研究を行っている。これまでの気泡塔では、内部の詳細な流動構造はほとんど明らかにされておらず、そのためその設計指針も経験的な相関式に頼っている。スケールアップの問題は常に存在するが、近年急速に進化を進めている数値解析の高精度化を主目

的として、研究を進めている。Fig. 4 は LDV によって計測した矩形気泡塔内液速度分布で、ここでは高さの異なる 2 断面の結果を示している。図に示すように、時間平均的な速度分布であっても、計測断面によって流動構造は大きく異なる。また前述の F-TOP 計測などによって、断面でのボイド率分布なども計測している。このように計測を行った結果、さらには、定点での LDV や F-TOP 計測結果などの高時間分解能データを併用することで、時空間的な物の見方で気泡塔内流動構造の解明に取り組んでいる。

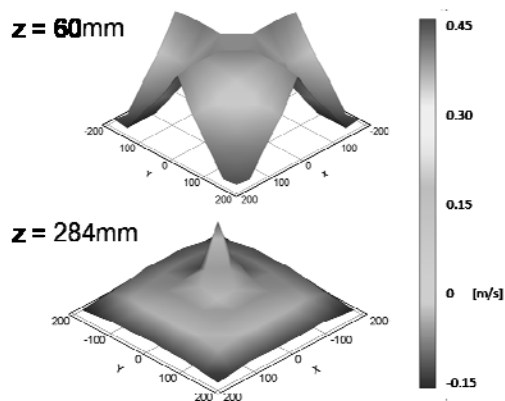


Fig. 4 Liquid phase velocity distribution.

2.5 水・蒸気混合噴流による洗浄技術の開発

水と蒸気の混合噴流による洗浄技術の開発について紹介する。近年の半導体デバイスの微細化によって、今まで問題にならなかったようなナノスケールのパーティクルが歩留まり低下の要因となってきている。そこで我々は、蒸気と水の混合噴流を用いた、新規洗浄技術の開発を進めている。

本技術は、高圧の水蒸気 (0.1~0.2MPa) と水をノズル入口部で混ぜ、対象物へと噴射するもので、現在までの研究結果から、同じ条件の空気と水の混合噴流と比較して劇的に高い洗浄性能を示している。Fig. 5 に洗浄の一例を示す。図に示すように、ナノスケールのパーティクルを薬品無しに洗浄可能である。現在は、洗浄メカニズムの解明を目的に研究を行っている。これまでの結果より、蒸気により濡れにくいナノスケールの溝が凝縮によってきちんと濡れること、また蒸気雰囲気

中で高速に飛翔する液滴に加わる抗力が減少することが洗浄メカニズムの一つだと検討しているが、その詳細はまだ明らかではない。

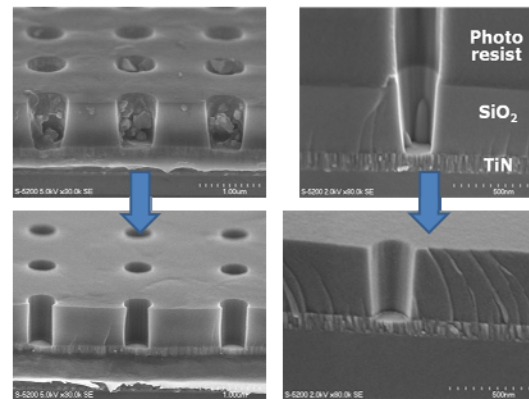


Fig. 5 Examples of cleaning.

3. 研究室の特徴

最後に本研究室の特徴を述べたいと思う。本研究室では、特に大学 4 年生から大学院の修士 2 年までの 3 年間で学生の潜在能力を開花させ、実社会において、研究者・技術者として主体的に活躍できる人材育成を目標としている。そのため、学生の「主体性」というものに着目し、学生が自ら行うことには、最大限協力をしている。そのため研究室在籍中に数回海外出張を行う者もいれば、学会に参加できない者もいる。来る者も去る者も拒まない。このような研究室運営を行うことは、教員にとっても学生にとっても非常に厳しく大変なことである。ただ、本当に立派な卒業生を見るとそのような苦勞もどこかに吹き飛ぶ。

4. おわりに

静岡大学工学部機械工学科、齋藤・真田研究室の紹介をさせていただいた。基礎研究と応用研究を同時に行うことによって、つねに社会のニーズの把握、大学のシーズの提供を行えるよう努力を続けている。つねに産学官幅広い分野との関わりを持ち続けたいと考えているため、本稿をお読みの方からご意見を頂けると幸いである。また研究室では、所有の研究設備を広く社会へと貸し出す事業も行っている。お困りのことがあれば、気軽に連絡を頂きたい。