
マイクロ／ナノビジュアリゼーションに関する 国際共同研究企画調査

課題番号 15636001

平成 15 年度科学研究費補助金
(基盤研究(C)(1))
研究成果報告書

平成 16 年 3 月

埼玉大学 図書館



204800465

研究代表者 川橋正昭
(埼玉大学・工学部・教授)

1. はしがき

平成15年度科学研究費補助金[基盤研究(C)(1)(企画・調査)]を受けて、「マイクロ/ナノビジュアリゼーションに関する国際共同研究企画調査」(課題番号15636001)についての研究が行われた。

本企画調査研究においては、医療、環境あるいは新産業創生などにおいてマイクロ/ナノテクノロジーの発展に対する社会的要請が高まりつつある中で、マイクロ/ナノテクノロジーを支えているマイクロ/ナノ計測技術として特に定量的マイクロ/ナノビジュアリゼーション技術に着目し、今後緊急に展開すべき技術開発について調査分析して今後の方向性を明らかにすると同時に、この分野の更なる国際的技術発展に貢献するため、国際共同研究を企画することを目的とした。具体的な調査項目は、

- (1) マイクロ/ナノスケール内部流動および熱現象のビジュアリゼーション
- (2) マイクロマシンに代表される各種デバイス関連のビジュアリゼーション
- (3) マイクロ/ナノスケール素子による流れセンシング、制御とそのビジュアリゼーション
- (4) 材料プロセスにおけるナノビジュアリゼーション

であり、これらの代表的な問題におけるマイクロ/ナノビジュアリゼーションの現況について各研究者が分担して調査および評価を行った。

国際共同研究の企画については、第1回環太平洋マイクロ/ナノテクノロジーシンポジウムに協力してオーガナイズドセッションを運営するとともに、日韓 PIV シンポジウムの企画、流体・固体および燃焼における先端的計測技術に関する国際会議の企画を行った。企画した会議は、いずれも平成16年12月に開催の予定である。さらに、本研究の成果に基づき、科学研究費補助金の特定領域研究を申請した。

以下に、本科学研究費補助金による研究実施における組織、経費および成果について示す。

2. 研究組織および研究経費

(1) 研究組織

研究代表者：川橋正昭 (埼玉大学工学部・教授)

研究分担者

井口 学 (北海道大学大学院・工学研究科・教授)

植村知正 (関西大学・工学部・教授)

大島まり (東京大学・生産技術研究所・助教授)

岡本孝司 (東京大学大学院・工学系研究科・助教授)

加藤洋治 (東洋大学・工学部・教授)

木村元昭 (日本大学・理工学部・助教授)

佐賀徹雄 (東京大学・生産技術研究所・助手)

杉井康彦 (東京大学大学院・工学系研究科・助手)

西野耕一 (横浜国立大学大学院・工学研究院・助教授)

速水 洋 (九州大学・先導物質化学研究所・教授)

平原裕行 (埼玉大学・工学部・助教授)

本阿弥真治 (東京理科大学・工学部・教授)

村井祐一 (北海道大学・工学研究科・助教授)

望月 修 (東洋大学・工学部・教授)

埼玉大コーナー

埼玉大学図書館



204800465

山下新太郎(岐阜大学・工学部・教授)

山本富士夫(福井大学・工学部・教授)

(2) 研究経費

平成15年度 3,300,000千円

3. 研究者会議議事録

第1回研究者会議議事録

日時： 5月26日(月)14:00～16:30

場所： 埼玉大学 東京ステーションカレッジ

参加者：川橋，速水，加藤，望月，木村，岡本，植村，西野，平原，村井，大島，本阿弥（敬称略）

配布資料：

1. 交付申請書
2. ISMNT-1 Call for Papers
3. 出張手続きについて
4. 出張報告書の例
5. 研究計画調書の一部

1. 研究の概要説明

・幹事：西野，杉井，事務手続き等：平原

・研究概要の説明（川橋）

調査研究すべき内容として，以下の4つのグループに分類

(1) マイクロマシンに代表されるマイクロ/ナノスケール内部流動および熱現象のビジュアリゼーション

(2) マイクロマシンに代表される各種デバイス関連のビジュアリゼーション

(3) マイクロ/ナノスケール素子による流れセンシングおよび制御におけるビジュアリゼーション

(4) 材料プロセスにおけるナノビジュアリゼーション

・国際会議

来年度の国際会議 ISMNT-1 に結びつける．可能であれば，オーガナイズドセッションにしたい．

・成果を取りまとめて，報告書を作成予定．

・本年度に科研 A 等への応募を行う．

2. 研究費

予算：合計 3,300 千円，消耗品 200 千円，国内旅費 2,000 千円，外国旅費 900 千円

・国内旅費：12 万/人(目安)

・外国旅費：

平原先生が FLUCOME に 30 万円程度使用予定

上限：30 万円程度/人，できれば若手に国際会議などへの参加などを提案して頂きたい．

・消耗品：希望を頂く、印刷費として7,8万円程度

早目に予算を決めたいので、提案を頂きたい。

出張手続き：埼玉大学で事務手続きを行う。旅費の振込み用銀行口座を連絡して頂く。

出張報告(記録)書を記入・捺印の上、提出する。

詳細は、出張申請について(配布資料)を参照下さい。

研究協力者(できれば学生を避けて頂きたい)への旅費の支払いも可能。埼玉大学で事務手続き

3. スケジュール

第2回：8月8日夕方 徳島 機械学会に合わせて

第3回：11月28日夕方に会議、29日に弥生研究会(予算の残額を見て場所を決める)

最後1,2月頃

4. 役割分担

交付申請書に記載した役割分担は、非常に多岐に渡っている。具体的な調査対象案を説明。キーワード：流れ、熱、材料

植村：マイクロフローの3次元計測法に関する調査研究。

大島：マイクロチャンネル内部流における圧力駆動流と電気浸透流の比較検討、およびマイクロチャンネルにおけるミキシングに関する調査研究。

岡本：マイクロ流動の高速度計測法の調査研究。

加藤：マイクロ流動における化学反応の可視化の調査研究。

木村：熱伝達などを利用したマイクロスケールのセンシングの調査研究。

杉井：血流のレオロジ、特に赤血球の変形をともなう流れに関する調査研究。

西野：高分子溶液乱流、トムズ効果(高分子材料)を対象として、nmスケールの可視化法の調査研究。

速水：マイクロリアクタを対象としてマイクロ流動における混合・反応の調査研究。

平原：マイクロチャンネル内の気流の可視化法の調査研究。

本阿弥：マイクロアクチュエータ、マイクロセンサ周りの流れに関する調査研究。

村井：マイクロバルブを対象としてUVPの調査研究。

望月：マイクロアクチュエータのための微生物のアクチュエータ機能に関する調査研究。

5. マイクロフロービジュアリゼーション研究の現状について(杉井)

マイクロ流動の可視化・計測手法およびその応用例やマイクロマシンにおけるマイクロ流動について説明。

(以上)

第2回研究者会議議事録

日時： 8月8日(金)16:00~18:00

場所： 徳島大学機械棟6階会議室（4）

参加者：川橋、本阿弥、速水、山下、植村、木村、岡本、加藤、西野（順不同、敬称略）

配布資料：

1. 第1回研究者会議議事録
2. 可視化情報学会誌特集記事別刷
3. 進捗状況報告書（各分担者）

議事

1. 研究費について（川橋）

国内旅費は10万円/人が目安である。外国出張については平原、杉井、西野より希望があった。これを研究者会議として了承した。3名で90万円の支出予定である。

2. 次回研究会について（川橋）

次回を11月28日（金）、29日（土）に関西地区（できれば、のぞみ号停車駅 付近）で開催し、会場選定を西尾先生（神戸商船大学）にお願いすることとした。29日は弥生研究会と合同となる。

また、最終会議（第4回）を2月末に開催する予定である。

3. 報告書執筆分担について（川橋）

2月末を〆切とする。分量は3～4頁/人。

4. 科研（A）の申請について（川橋）

幹事で素案を作成することとした。全員参加は無理なので、年齢・研究内容から参加メンバーを絞る。中堅・若手の構成比率を高めることとした。

5. 話題提供

1) 本阿弥

題目： 「マイクロセンサー周りの熱と流れ」－開発における大学の役割－内容： 熱後流型マイクロセンサー周りの熱流動場について話題提供があった。併せて、企業が求めるものと大学が対応できることについての説明があった。キーワードとして、マイクロフローセンサー製作、EFD、CFD、マイクロセンシング風洞、MFS角度検定、スリップ条件、センサー形状、マイクロPIV、MEMSの未来（物性屋、材料屋だけではダメで、機械屋の貢献が重要）。

2) 岡本

題目： 「ホログラム速度計による4次元計測」

内容： デジタルホログラムを高速度カメラで記録することで、4次元流速分布を計測する試みについて紹介があった。キーワードとして、Dynamic Holographic PIV、Digital HPIV、衝

突噴流の計測、Orthogonal View、In-line Holography、1000～10000 ベクトル（20×20×20mm³あたり）、60mW 連続発振 Nd:YAG レーザ（中国製、10万円、www.viasho.com）
（以上）

第3回研究者会議議事録

日時： 11月29日(土)10:00～12:30

場所： 東京大学浅野キャンパス工学部12号館

参加者：川橋、本阿弥、速水（+荒巻）、植村、望月、平原、木村、岡本、大島、西野（順不同、敬称略）

配布資料：

1. 第3回研究者会議議事次第
2. 第2回研究者会議議事録
3. 国際会議（FLUCOME）報告+外国機関（Grenoble 工科大学）訪問報告（平原）
4. 国際会議（PIVNet2 Workshop、APS-DFD）報告
5. 調査研究進捗報告書（本阿弥、木村、望月、西野、大島、村井、速水、植村）
6. 関連論文コピー（3編）

議事

1. 研究費について（川橋）

現在までの支出状況は、外国出張（3名）80万円、外国出張予定（2名）50万円、国内旅費50～60万円、印刷費40万円である。残額があるので、調査研究旅費のご希望があればお申し出頂きたい。

2. 特定領域研究申請（西野）

本グループを主体として平成16年度発足特定領域申請を行った。本阿弥先生と加藤先生には関連分野の研究者（外部評価者）をお願いした。

3. 国際会議報告

（1）FLUCOME 報告+Grenoble 工科大学訪問報告（平原）

フランスではリヨン+グルノーブル地区をヨーロッパのシリコンバレーにすべく組織化している。中心組織はMinatec。Grenoble 工科大学の Prof. Fabre-Marinet と Dr. T a r d u を訪問し研究室見学した。

（2）PIVNet2 Workshop 報告+APS-DSD 報告（岡本）

医学・生物学に関連したPIV計測がヨーロッパで盛んに行われている。また、APS（米国ニュージャージー）では3日間通して朝から晩までセッションが組まれており、盛んに研究発表が行われている。

4. 調査研究進捗報告

(1) 本阿弥: マイクロガスタービンに関する調査研究報告(「国際ガスタービン会議報告」)。マイクロガスタービン(羽根車直径10~100mm)、ウルトラマイクロガスタービン(MEMS技術)の区別がある。後者は主として耐久性の問題があり、実用化は遠い? Turbomachineryの分野ではMEMS利用技術の確立が遅れているようである。

(2) 木村: 熱伝達などを利用したマイクロスケールのセンシングの調査研究。2件の文献調査報告がなされた。1件は赤外線流速計、他の1件は金属ナノジャンクションの製作方法。

(3) 望月: マイクロアクチュエータのための微生物のアクチュエータ機能に関する調査研究。アメーバ内原形質流動の可視化計測結果の説明がなされた。

(4) 西野: 希薄高分子溶液乱流のトムズ効果を対象としたナノスケール可視化の調査研究。暗視野法を用いた高分子の可視化について説明がなされた。

(5) 大島: 微小流路内のマイクロPIV計測に関する調査研究。「マイクロチャンネル流れの計測」と「液滴を利用したマイクロミキシング機構の開発」について説明がなされた。

(6) 村井: マイクロバブルを対象としたUDMの調査研究。「マイクロバブルを含む液体流場の可視化について」と「マイクロバブルを含む流体のUDM計測の例」について説明がなされた。

(7) 速水: マイクロリアクタを対象としてマイクロ流動における混合・反応の調査研究。「マイクロ流動における混合・反応」と「混合・反応の可視化」について報告がなされた。

(8) 植村: マイクロ流れの3次元計測法に関する調査研究。高速走査共焦点顕微鏡の紹介。3次元計測のためのデジタルホログラムの紹介。

5. 今後の予定

(1) 最終報告書原稿

各研究者が1頁の研究紹介文(ご自身の研究、他者の研究、いずれでもOK)と計5頁の文献抄録(1件あたり半ページ、計10件)を作成する。文献抄録の分量はあくまでも目標値。必切は1月23日(金)幹事まで。文献抄録のフォームを幹事が作成しメールで送る。

(2) 次回(最終回)研究者会議

日時: 平成16年1月31日(土)夕方、2月1日(日)午前

場所: KKRはこだて

北海道函館市湯川町2-8-14

Tel: 0138-57-8484、Fax: 0138-57-8485

スケジュール:

31日(土)夕方 短時間の打ち合わせ+懇親会

1日(日)午前 最終報告

(以上)

日時： 平成16年1月31日（土） 16:00～18:00

2月 1日（日） 8:30～11:30

場所： KKR函館 会議室

参加者：速水、南雲（本阿弥 代理）、植村、望月、平原、木村、岡本、大島、西野、福島（山下 代理）、村井（順不同、敬称略）

配布資料：

1. マイクロ・ナノビジュアリゼーション企画調査最終報告書（回覧用）

議事

1. 各研究者の最終報告書について

各研究者はフォーマットを整えた最終原稿（印刷物1部＋ファイル）を2月末日までに平原に送ることとした。また、国際会議出席者（岡本、平原）は会議報告書を作成し、最終報告書に含めることとした。

2. 研究者報告

各委員から調査研究の結果について報告がなされた。概要は次の通り。

(1) 速水「マイクロリアクターを対象としたマイクロ流動における混合・反応の調査研究」
マイクロリアクターの研究を遂行中。μTASに関する詳細なレビュー論文（2編）が見つかった。

(2) 南雲「マイクロアクチュエータ、マイクロセンサ周りの流れに関する調査研究」
マイクロセンサ周りのPIV測定を実施。流れ場の3次元性が強いいため、ステレオPIVを進めている。カメラ校正板の移動に島津製作所のマイクロアクチュエータ（移動分解能0.1μm）を使用。

(3) 平原「人工筋肉（IPMC）を用いた微小流路内制御に関する調査研究」
貴金属接合体イオン導電性高分子（IPMC）を用いた人工筋肉（EAP：electroactive polymer）による流れの制御を行っている。

(4) 望月「マイクロアクチュエータのための微生物のアクチュエータ機能に関する調査研究」
アメーバの動きを解析。蛍光顕微鏡を使用。アメーバ細胞の蛍光染色が難しい。

(5) 村井「気泡を含む流れ場のマイクロメカニズムのビジュアリゼーションに関する調査研究」（山本代理）

(6) 村井「超音波ドップラー流速分布測定法による流速分布ビジュアリゼーションに関する調査研究」

速度ベクトルプロファイラー、計測空間分解能の改善、オンラインモニタリング。

(7) 大島「微小流路内のマイクロPIV計測に関する調査研究」

圧力駆動のマイクロチャネルを対象（電気浸透流は一時中止中）。

(8) 岡本：「イメージインテンシファイア付高速度高解像度ビデオカメラ」

血流への適用例について。高速度カメラ使用における留意点（高繰り返し必要性、高感度の必要性）。ラット腸間膜における細動脈の測定、100μm模擬血管内血液流動の測定。

(9) 西野「希薄高分子溶液乱流のトムズ効果を対象としたナノスケール可視化の調査研究」
高分子溶液、トムズ効果、暗視野照明、べん毛の可視化

(10) 福島「平板乱流境界層における乱れ強さの計測に関する調査研究」

マイクロ熱線、マイクロ剪断応力計

(11) 木村「マイクロ熱膜式センサの調査研究」

熱線式マイクロ剪断応力センサ、フレキシブル剪断応力センサ、AFM 用アレイ型カンチレバー

(12) 植村「マイクロ流れの3次元計測法に関する調査研究」

Optical Coherence Tomography (OCT)、高速走査共焦点顕微鏡、被写界深度の浅い計測 Confocal Microscopy、Optical Coherence Tomography、Photoacoustics Tomography、Transillumination CT、フェムト秒レーザー、ホログラフィー、ステレオマイクロ3D、ステレオインラインホログラム等

(以上)

4. 国際会議・研究調査

グルノーブル地区のマイクロナノテクノロジー開発現状調査

埼玉大学 平原裕行

MINATEC の概要について

フランス、グルノーブルに現在、マイクロナノテクノロジーの研究拠点が建設中である。今回は、その協力機関であるグルノーブル大学と CNRS を訪れた。以下に MINATEC の概要を示す。

現在、フランス、ローヌ・アルプ地方に、産学官連携によるナノテク拠点として、フランス原子力庁、電子情報技術研究所(Commissariat a l'Energie Atomique-Laboratoire d'Electronique, de Technologie de l'Information, CEA-Leti)、国立グルノーブル工科大学(Institut National Polytechnique de Grenoble、INPG)及びグルノーブルが共同で、マイクロエレクトロニクス・ナノテクノロジーイノベーションセンター (MINATEC)を設立し、その開始が目前のところまで来ている。2002-2005年に工事が行われ、総工費は150億円+250億円の投資がCEA-Leti(原子力庁)とINPG(グルノーブル工科大学)によってなされている。

従業者は3500人である。グルノーブルの環境は、17,000科学技術研究職と220の研究所および5つの国際的研究センターがあり、53,000の学生が10の学術機関において就学していると言う恵まれた環境にある。MINATECの教育及び技術者養成は、グルノーブル工科大学(INPG)の電子・通信学科、物理科大学院、マイクロ・ナノテクノロジートレーニングセンターが担当し、約500名のエンジニアならびにテクニシャン、400名の教授、約1000名の学生が所属する予定である。研究面では、ナノテクノロジー研究所、CEA-Letiのマイクロテクノロジー研究所、先端コンポーネントセンター等があり、基礎科学分野の研究者400名、応用分野の研究者800名が研究活動を行う。

さらに、技術移転プラットフォームにおいては、企業への技術移転を専門とするスタッフならびに500~1000名の企業からの出向者が先端技術棟に集結する。したがって、このイノベーションセンターには学生を除いても総勢3000名を超す教授、研究者、起業家が働くことになる。すでに研究の中心となるCEA-Letiはシリコン・マイクロエレクトロニクス、MEMS、磁気部品等のマイクロシステム、オプトエレクトロニクス部品、マイクロ電源、医療用マイクロシステムなどで実用化の実績を有しており、現在グルノーブル、イーゼル県において関連する国際企業は、Air Liquide、Philips、HP、Xeroxなど20社以上、マイクロ・ナノテク関連ベンチャー企業は18社以上となっている。

2001年のプロジェクトの具体的施策は、マイクロエレクトロニクス・電磁気・光素子研究所 (Institut de Microelectronique, Electromagnetisme et Photonique)の設立、マイクロ・ナノ技術動向調査機関の設立、将来の製品開発のシーズ探索を行うアイデアラボの設置(現在約15の研究所、大学、企業が参加)、国内外の機関とのネットワーク構築などである。特に国際的には、スイスマイクロメカニカルセンター、ドイツフランホーファー研究所、ベルギーのマイクロエレクトロニクスセンター、アイルランドの国立マイクロエレクトロニクス研究センターと連携を進めている。MINATECのイノベーションセンターは一つの建物の中に、大学、研究所、企業体が入る壮大な試みであり、センター完成後の動向が注目される。特にその運営は我が国にとっても参考になるものと思われる。なお、このセンターで求められる成果に“4P”

という標語が使われている。すなわち学術的な成果としての論文(Publications)、技術の芽である特許(Patent)、試作品 (Prototypes)、そして製品(Products)である。

スケジュール

- 2000 CEA, INP グルノーブルによるプロジェクトの立ち上げ
- 2001 ローヌ・アルプ、イゼール県とフランス政府が協力関係を締結
- 2001 1/18 イゼール県がプロジェクトの責任契約を締結
- 2003 先行プロジェクトと最終プロジェクトの決定
- 2004 研究開始
- 2005 MINATEC センターのオープン

プロジェクト全体像

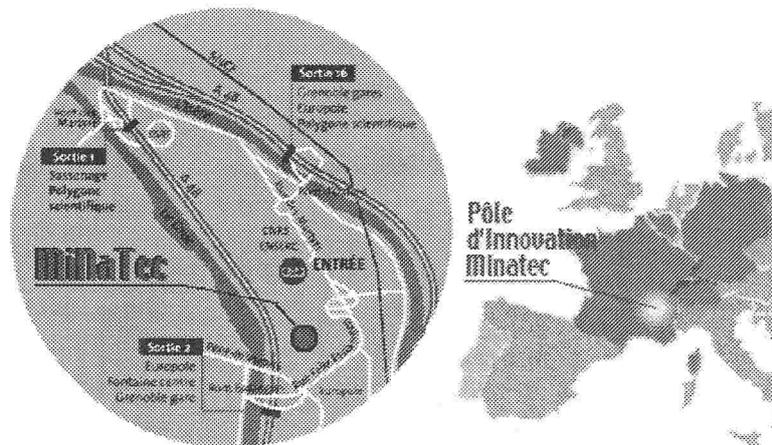
全予算 169 M Euro (CEA 30.49M, フランス政府 13.42M, ローヌアルプ 21.3M, イゼール 35.4M, メトロ 8.38M, グルノーブル市 8.38M, 投資 51.63M)

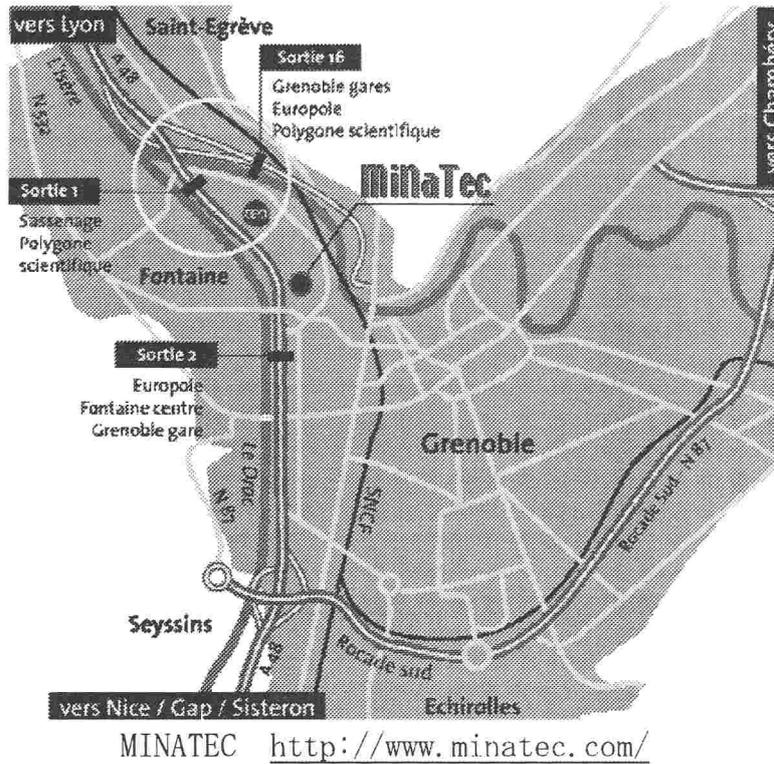
施設

2000m² クリーンルーム, 20000 m² 研究所面積, 9000 m² 教育施設面積, マイクロ電子工学・マイクロシステムトレーニング施設, プロモーション施設, 厚生施設

(MINATEC News Letter, および MINATEC 紹介記事より抜粋)

以上のように、ローヌ・アルプ地方は、地域、国、企業をあげてマイクロナノ研究施設の設立に取り組んでいる。訪問当時は、まだ施設は建設中であったが、将来、機能的、多角的に運営され、技術者教育、基礎研究からプロダクトまでの一貫したハード、ソフト、ファンデーションまでを含めた強力な体制がとられていることを実感する視察であった。





グルノーブル大学および CNRS 訪問報告

グルノーブルおよびリヨンにある、マイクロテクノロジー関連の主な施設を下に示す。

	IMEP	LEOH	LMGP	LPM	LTM	SPHTEC
	Institute of Microelectronics, Electromagnetism and Photonics	Laboratory of Electronics, Optoelectronics and Microsystems	Materials and Physical Engineering Laboratory	Materials Physics Laboratory	Nanoelectronics Technology Laboratory	Optronics and associated technology
Location	Grenoble	Lyon	Grenoble	Lyon	Grenoble	Grenoble
Affiliation	INPG - UJF - CNRS	CNRS - Ecole centrale de Lyon	INPG - CNRS	CNRS - INSA	CNRS - INPG - UJF	CNRS - CNRS
Staff	130 (53)	65 (25)	73 (25)	84 (37)	40 (20)	41 (15)
Research topics	<ul style="list-style-type: none"> • micro and nanotechnology • microsystems • micro sensors and microsystems • RF and microwave optoelectronic components and circuits 	<ul style="list-style-type: none"> • microtechnology and materials • optoelectronics, photonics and microsystems • microelectronics and electronic systems • biotechnology 	<ul style="list-style-type: none"> • electronics and photonics • magnetism and superconductors • new materials and processes • digital modeling and simulation (thermal topics) 	<ul style="list-style-type: none"> • micro and nanoelectronics • nanophotonics • nanofabrication • bi and biomedical microsystems • Si photovoltaics 	<ul style="list-style-type: none"> • EPL lithography • nanosizing and its applications • low-pressure plasma patterning • nanomaterials production and characterization 	<ul style="list-style-type: none"> • electronics of spin • magnetic memory • magnetic recording • digital tools
Application fields	<ul style="list-style-type: none"> • semiconductor industry • telecommunications • informatics • microsystems 	<ul style="list-style-type: none"> • semiconductor industry • spin of telecommunications • medicine, biotechnology • sensors, environment 	<ul style="list-style-type: none"> • electronics and power electronics • magnetism • optics • bioelectronics 	<ul style="list-style-type: none"> • microelectronics • optical interconnections • nanoscale • biomedical • solar power 	<ul style="list-style-type: none"> • semiconductor fabrication technology • nanotechnology • nanoscience 	<ul style="list-style-type: none"> • mass storage • memory
Head	F. Balestra	G. Hoffinger	F. Weiss	G. Guillot	G. Robert	J.-P. Nozières

今回、訪問したグループは、グルノーブル工科大学および CNRS のマイクロテクノロジーを研究している SHF (フランス流体力学学会) のマイクロフルーディックグループのメンバーの中の 3 名である。

SHF のホームページは次の通りである。

Société Hydrotechnique de France

<http://www.shf.asso.fr/index2.htm>

<http://www.meca.insa-tlse.fr/microfluidique/index.htm>

SHF マイクロフルーディックのメンバーが関連している国際会議は次の会議である。

Fifth EuroSimE Conference (EuroSimE 2004) : thermal & mechanical simulation and experiments in micro-electronics and micro-systems

Bruxelles, Belgique, 9-12 mai 2004. Renseignements sur le site du congrès.

Second International Conference on Microchannels and Minichannels

Rochester, USA, 17-19 juin 2004. Annonce et appel à communication. Renseignements sur le site du congrès.

Microscale Heat Transfer: "fundamentals and applications in biological and electromechanical systems" (NATO Advanced Study Institute)

Ceme-Izmir, Turquie, 18-30 juillet 2004. Renseignements sur le site du NATO-ASI.

21th International Congress of Theoretical and Applied Mechanics (ICTAM' 04)

Varsovie, Pologne, 15-20 août 2004. Comprend un mini symposium Microfluidique. Renseignements sur le site du congrès.

Transport Phenomena in Micro and Nano Devices Conference

Keauhou Beach Resort, Hawaii, 17-24 octobre 2004. Renseignements sur le site du congrès.

Le 2ème Congrès Français de Microfluidique (μ Flu' 04)

se déroulera

du 14 au 16 décembre 2004 à Toulouse.

マイクロフルーディックグループによる会合は、

Compte rendu de la reunion du CO du Congres Microfluidique du vendredi 13 septembre 2002 a Toulouse

Compte rendu de la reunion du CO du Congres Microfluidique du jeudi 20 juin 2002 a Paris

Reunion du CS du Congres Microfluidique le vendredi 29 mars 2002 a Toulouse.

Compte rendu de la reunion du jeudi 18 octobre 2001 a Paris.

Compte rendu de la reunion du jeudi 27 septembre 2001 a Grenoble

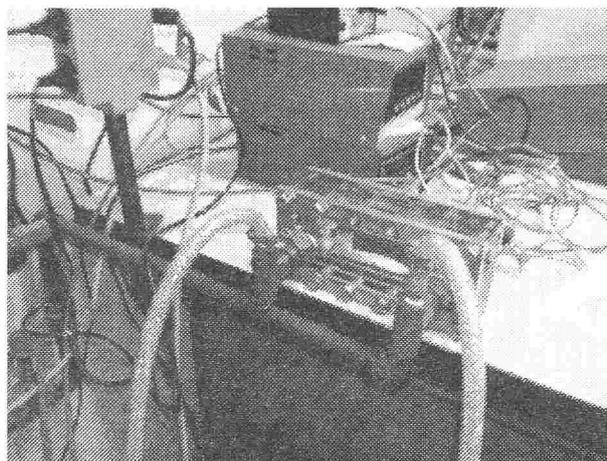
のように、パリ、ツールーズ、グルノーブルを中心としてたびたび開催されている。

今回訪問した研究者を簡単に紹介する。

Prof. Michel FAVRE-MARINET グルノーブル工科大学教授

研究テーマ：マイクロチャンネル流れの熱伝達

マイクロチャンネルの流れの研究を目指している。現在のところは、ミリ流れの研究と言ったところ。パンチであけたミリ流れの流路に水を流し、一方、または、両端に発熱体をおき、熱流束計を用いて計測を行い、理論値との比較を行っている。ヌッセルト数は流



実験装置

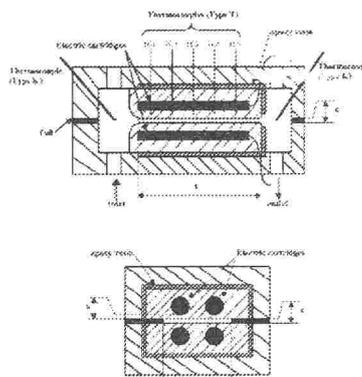


Fig. 2. Sketch of the test section.

装置詳細

路のギャップ e が 0.1mm となると理論値から大きくずれ始める

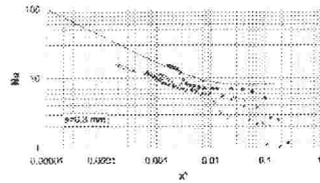


Fig. 13. Variations of Nusselt number along the channel for $e = 0.3$ mm. Same symbols as in Fig. 9.

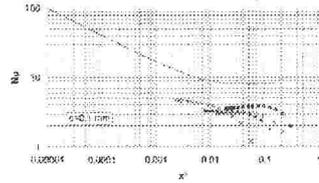


Fig. 15. Variations of Nusselt number along the channel for $e = 0.1$ mm. Same symbols as in Fig. 9.

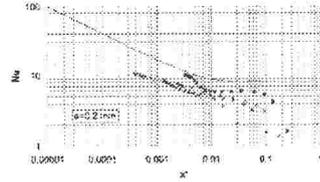


Fig. 14. Variations of Nusselt number along the channel for $e = 0.2$ mm. Same symbols as in Fig. 9.

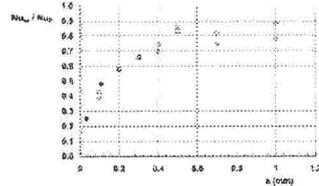


Fig. 16. Effect of channel size on Nusselt number. Present results: \square $e^* = 6.02$, ∇ $e^* = 9.664$, \bullet Oz et al. [10].

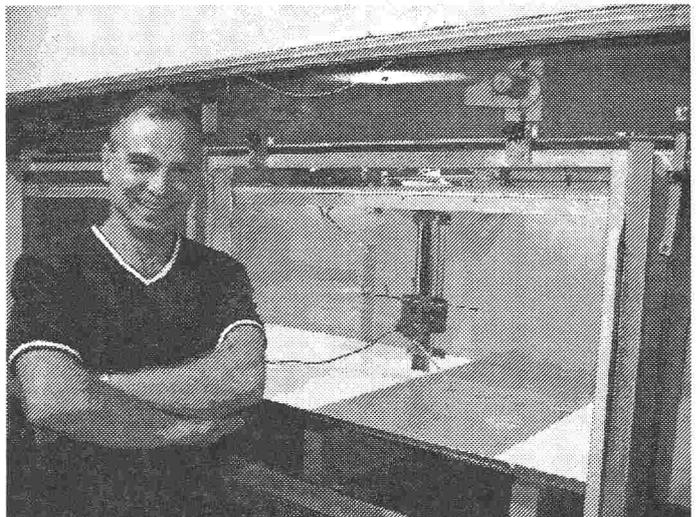
主な実験結果

Sedat TARDU

グルノーブル工科大学

研究テーマ：乱流，MEMS

周期的な吹き出しと吸い込みを行う風洞を作成して、壁面乱流を研究している。非常に正確な正弦波状の流量変動を持つ吹き出し吸い込みのポンプを作成することに苦心している。抵抗がドラスティックに減少することを示し、そのメカニズムを詳細に説明した。以後、このメカニズムの応用として、MEMS によるアクティブ制御を目指すと言っていた。



Dr.Tardu と壁面に周期的吹き出し吸い込みを有する風洞

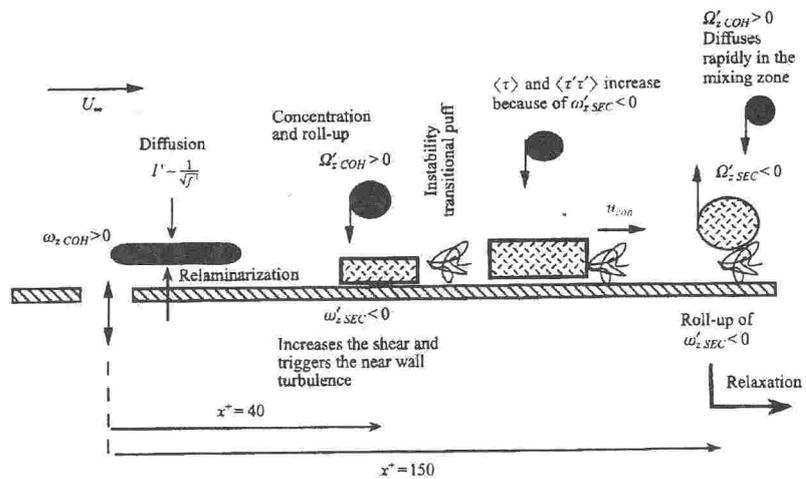


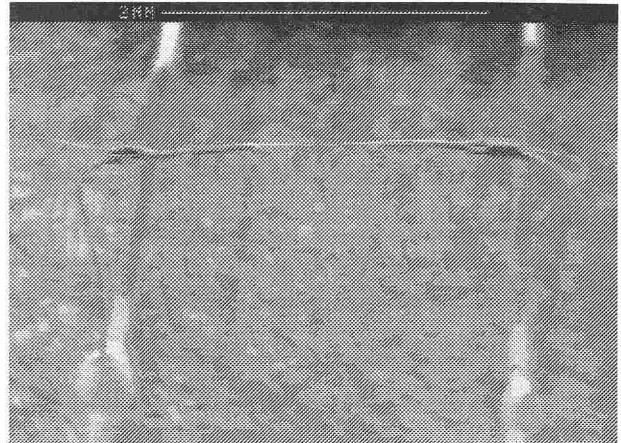
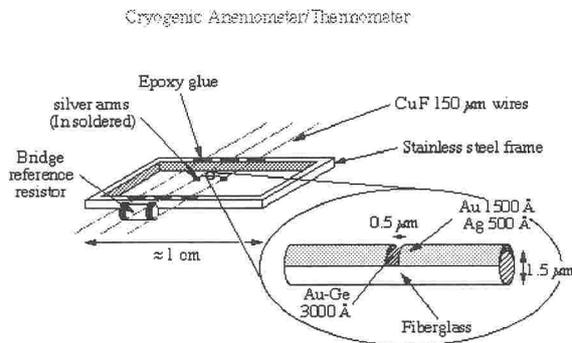
FIGURE 22. Mechanism at high imposed blowing frequencies.

壁面乱流の制御の研究：壁面乱流における乱流エネルギー伝達モデ

Thierry FOURNIERCNRS,

CRTBT (極低温研究所) 研究員

CRTBT では、幾つかのクリーンルーム内に置かれている幾つかの電子ビーム加工機を見学した。CRTBT では、液体ヘリウムの流動などを対象にした計測と可視化を行っており、ヘリウムジェットの特徴などを研究しているグループがある。そのグループでは、右のような極低温用の流速計・温度計を作成して計測を行っている。



SHF Microfluidique Groupe

2000年から活動開始、45名のメンバー、SHFの研究活動グループ

Frédéric AYELA
Maître de Conférences
Centre de Recherches sur les Très Basses
Températures (CRTBT)
CRTBT CNRS, 25 avenue des Martyrs, BP 166,
38042 Grenoble cedex 9
ayela@grenoble.cnrs.fr

Jean-Luc AIDER
Responsable de Projet de Recherche et
Innovation
PSA Peugeot-Citroën, centre d'intérêt :
aérodynamique externe
DRIA/SARA/EMSA/PVMO
Equipe Aérodynamique Externe et
Aérothermique, Case courrier VV013, 2
route de Gisy, 78943 Vélizy-Villacoublay
jeanluc.aider@mpsa.com

Lucien BALDAS
Maître de Conférences
Institut National des Sciences
Appliquées de Toulouse (INSAT) /
Laboratoire de Génie Mécanique de
Toulouse (LGMT)
INSAT, Département de Génie Mécanique,
135 avenue de Rangueil
31077 Toulouse cedex 4
lucien.baldas@insa-tlse.fr

Michel BRUNEAU
Professeur d'Université
Laboratoire d'Acoustique de
l'Université du Maine (LAUM)
LAUM, Université du Maine, avenue O.
Messiaen, 72085 Le Mans cedex 9
02 43 83 32 59,
michel.bruneau@univ-lemans.fr
http://laum.univ-lemans.fr/CV/bruneau_
m/cv_mbruneau.htm

Patrick BROYER
BioMérieux
BioMérieux, Le Zaligniez, 38390 La Balme
les Grottes,
patrick.broyer@eu.biomerieux.com

Robert CAEN
Professeur d'Université

Institut National des Sciences
Appliquées de Toulouse (INSAT) /
Laboratoire de Génie Mécanique de
Toulouse (LGMT)
INSAT, Département de Génie
Mécanique, 135 avenue de Rangueil 31077
Toulouse cedex 4
robert.caen@insa-tlse.fr
Henri CAMON

Chargé de Recherches
Laboratoire d'Analyse et d'Architecture
des Systèmes (LAAS)
LAAS-CNRS, 7 avenue du Colonel Roche,
31077 Toulouse cedex 4
camon@laas.fr

Stéphane COLIN
Professeur d'Université
Institut National des Sciences
Appliquées de Toulouse (INSAT) /
Laboratoire de Génie Mécanique de
Toulouse (LGMT)
centres d'intérêt : écoulements dans les
microcanaux, rarefaction, effets
électrocinétiques, micromélange
INSAT, Département de Génie Mécanique,
135 avenue de Rangueil, 31077 Toulouse
cedex 4
stephane.colin@insa-tlse.fr

Jean-Louis COUNORD
Ingénieur d'Etudes au CNRS
Laboratoire de Biorhéologie et
d'Hydrodynamique Physico-Chimique
(LBHP)
LBHP tour 33, 2ème étage,
Université Paris VII, Denis Diderot 2
place Jussieu, 75005 Paris
counord@ccr.jussieu.fr

François DE CRECY
LETI/DTS/SRD/LSPC, CEA-Grenoble, 38054
Grenoble Cedex 9
francois.decrecy@cea.fr

Monique DILHAN
Ingénieur d'Etudes
Laboratoire d'Analyse et d'Architecture
des Systèmes (LAAS)
LAAS-CNRS, 7 avenue du Colonel Roche,
31077 Toulouse cedex 4

dilhan@laas.fr

Jacques DUFAUX
Professeur d'Université
Université Paris VII / Laboratoire de
Biorhéologie et d'Hydrodynamique
Physico-Chimique (LBHP)
LBHP, tour 33, 2ème étage, Université
Paris VII, Denis Diderot, 2 place Jussieu,
75005 Paris
dufaux@ccr.jussieu.fr

Jean FABRE
Professeur d'Université
Institut de Mécanique des Fluides de
Toulouse (IMFT)
IMFT, Allée du Professeur Camille Soula,
31400 Toulouse
fabre@imft.fr

Michel FAVRE-MARINET
Professeur d'Université
Ecole Nationale Supérieure
d'Hydraulique et de Mécanique de
Grenoble (ENSHMG) / Laboratoire des
Écoulements Géophysiques et Industriels
(LEGI)
ENSHMG - LEGI, 1025 Rue de la Piscine,
Domaine universitaire, BP 95, 38402
Saint Martin d'Hères cedex
favre@hmg.fr

Pascal FERRAND
Ecole Centrale de Lyon (ECL) /
Laboratoire de Mécanique des Fluides et
d'Acoustique (LMFA)
LMFA, Ecole Centrale de Lyon, 36 avenue
Guy de Collogue, BP 163
69131 Ecully cedex
ferrand@ec-lyon.fr

Christian FONADE
Professeur d'Université
Institut National des Sciences
Appliquées de Toulouse (INSAT) /
Laboratoire de Biotechnologie
Bioprocédés (LBB)
INSAT, Département de Génie Biologique
Alimentaire, 135 avenue de Rangueil,
31077 Toulouse cedex 4
fonade@insa-tlse.fr

Thierry FOURNIER

Ingénieur de Recherches
 Centre de Recherches sur les Très Basses
 Températures (CRTBT)
 CRTBT CNRS, 25 avenue des Martyrs, BP 166,
 38042 Grenoble cedex 9
 Thierry.Fournier@grenoble.cnrs.fr
 Olivier FRANCAIS
 Enseignant Chercheur
 Laboratoire d'Electronique et
 Micro-electronique (ELMI)
 Groupe ESIEE, 2 boulevard Blaise Pascal,
 93162 Noisy le Grand
 o.francais@esiee.fr
 http://www.esiee.fr/~francaio
 Renée GATIGNOL
 Professeur d'Université
 Laboratoire de Modélisation en Mécanique
 (LMM)
 4 place Jussieu, Tour 66, case 162, 75252
 Paris cedex 05
 gatignol@cicrp.jussieu.fr
 http://www.lmm.jussieu.fr/MEMBRES/GATI
 GNOL/gatignol.html
 Sandrine GEOFFROY
 Attachée Temporaire d'Enseignement et de
 Recherche
 Institut National des Sciences
 Appliquées de Toulouse (INSAT) /
 Laboratoire de Génie Mécanique de
 Toulouse (LGMT)
 INSAT, Département de Génie Mécanique,
 135 avenue de Rangueil, 31077 Toulouse
 cedex 4
 sandrine.geoffroy@meca.insa-tlse.fr
 Irina GRAOUR
 Ecole Polytechnique Universitaire de
 Marseille / Institut Universitaire des
 Systèmes Thermiques Industriels (IUSTI)
 centres d'intérêt : méthodes numériques
 pour les écoulements raréfiés,
 interactions gaz/paroi
 IUSTI, Technopôle de Château Gombert, 5,
 rue Enrico Fermi, 13453 Marseille cedex
 13
 Irina.Graour@polytech.univ-mrs.fr
 Anton GRUSS Responsable
 projet microcomposants
 thermiques Groupement pour la Recherche
 sur les Echangeurs Thermiques
 (GRETh) CEA-Grenoble, DRT-GRETh, 17 rue
 des Martyrs, 38054 Grenoble cedex
 9gruss@cea.fr
 Anne-Marie GUE
 Directrice de Recherche
 Laboratoire d'Analyse et d'Architecture
 des Systèmes (LAAS)
 LAAS-CNRS, 7 avenue du Colonel Roche,
 31077 Toulouse cedex 4
 gue@laas.fr
 Gérard GUIFFANT
 Professeur d'Université
 Université Paris VII / Laboratoire de
 Biorhéologie et d'Hydrodynamique
 Physico-Chimique (LBHP)
 LBHP, tour 33, 2ème étage, Université
 Paris VII, Denis Diderot, 2 place Jussieu,
 75005 Paris
 guiffant@ccr.jussieu.fr
 Mauricio HOYOS
 Chargé de Recherche
 Laboratoire de Physique et Mécanique des
 Milieux hétérogènes (PMMH)
 ESPCI - PMMH, 10, rue Vauquelin, 75231
 Paris cedex 05
 hoyos@pmmh.espci.fr
 http://www.pmmh.espci.fr/~hoyos/page_p
 erso.html

Kristine JURSKI
 Maître de Conférences
 IUT Mesures Physiques / Laboratoire de
 Biorhéologie et d'Hydrodynamique
 Physico-Chimique (LBHP)
 LBHP, tour 33, 2ème étage, Université
 Paris VII, Denis Diderot, 2 place Jussieu,
 75005 Paris
 jurski@ccr.jussieu.fr
 Didier LASSEUX
 Chargé de Recherches
 Laboratoire Energétique et Phénomènes de
 Transfert (LEPT-ENSAM)
 LEPT-ENSMA, Esplanade des Arts et
 Metiers, 33405 Talence cedex
 lasseux@lept-ensam.u-bordeaux.fr
 Olivier LEBAIGUE
 CEA/Grenoble, DTP, 38054 Grenoble cedex
 9
 lebaigue@dtp.cea.fr
 Yves LECOUFFRE
 Ingénieur Conseil
 Ylec Consultants
 Yves Lecoffre, Immeuble le Mahattan,
 boulevard de la Chantourne, 38700 La
 Tronche
 ylec@wanadoo.fr
 http://perso.wanadoo.fr/ylec/
 Jean-Claude LENGREND
 Directeur de Recherche
 Laboratoire d'Aérothermique du CNRS
 Laboratoire d'Aérothermique du CNRS, 1C
 avenue de la Recherche Scientifique,
 45071 Orléans cedex 2
 lengrand@cnrs-orleans.fr
 Stéphane LE PERSON
 Maître de Conférences
 Ecole Nationale Supérieure
 d'Hydraulique et de Mécanique de
 Grenoble (ENSHMG) / Laboratoire des
 Ecoulements Géophysiques et Industriels
 (LEGI)
 ENSHMG - LEGI, 1025 Rue de la Piscine,
 Domaine universitaire, BP 95, 38402
 Saint Martin d'Hères cedex
 stephane.leperson@hmg.inpg.fr
 Sergueï MARTEMIANOV
 Professeur d'Université
 Laboratoire d'Etudes Thermiques (LET)
 ESIP - Université de Poitiers, 40 avenue
 du recteur Pineau, 86022 Poitiers cedex
 martemianov@esip.univ-poitiers.fr
 Vincent PAGNEUX
 Chargé de Recherches
 Laboratoire d'Acoustique de
 l'Université du Maine (LAUM)
 LAUM, Université du Maine, avenue O.
 Messiaen, 72085 Le Mans cedex 9
 pagneux@musix.univ-lemans.fr
 Marc PRAT
 Chargé de Recherches
 Institut de Mécanique des Fluides de
 Toulouse (IMFT)
 IMFT, Allée du Professeur Camille Soula,
 31400 Toulouse
 marc.prat@imft.fr
 http://www.imft.fr/PERSONNEL/prat.html
 Carole ROSSI
 Chargée de Recherches
 Laboratoire d'Analyse et d'Architecture
 des Systèmes (LAAS)
 LAAS-CNRS, 7 avenue du Colonel Roche,
 31077 Toulouse cedex 4
 rossi@laas.fr
 http://www.laas.fr/~rossi/
 Cathy SION
 Maître de Conférences

Institut d'électronique et de
 Microélectronique du Nord (IEMN)
 IEMN, Avenue Poincaré BP 69, 59650
 Villeneuve d'Ascq cedex
 sion@iemn.univ-lille1.fr
 Lounès TADRIST
 Directeur de Recherches
 Institut Universitaire des Systèmes
 Thermiques Industriels (IUSTI)
 IUSTI, Technopôle de Château Gombert, 5,
 rue Enrico Fermi, 13453 Marseille cedex
 13
 ltadrist@iusti.univ-mrs.fr
 Sedat TARDU
 Maître de Conférences
 Laboratoire des Ecoulements
 Géophysiques et Industriels (LEGI)
 LEGI, BP 53 X, 38041 Grenoble Cedex
 sedat.tardu@hmg.inpg.fr
 http://perso.wanadoo.fr/sedat.tardu/
 Josiane TASSELLI
 Chargée de Recherches
 Laboratoire d'Analyse et d'Architecture
 des Systèmes (LAAS)
 LAAS-CNRS, 7 avenue du Colonel Roche,
 31077 Toulouse cedex 4
 tasselli@laas.fr
 Gregory THINEY
 Doctorant
 Laboratoire de Biorhéologie et
 d'Hydrodynamique Physico-Chimique
 (LBHP)
 LBHP, tour 33, 2ème étage, Université
 Paris VII, Denis Diderot, 2 place Jussieu
 75005 Paris
 thiney@ccr.jussieu.fr
 Bernard THONON
 Groupement pour la Recherche sur les
 Echangeurs Thermiques (GRETh)
 CEA-Grenoble, DRT-GRETh, 17 rue des
 Martyrs, 38054 Grenoble cedex 9
 thonon@cea.fr
 Frédéric TOPIN
 Maître de Conférences
 Université de Provence / Institut
 Universitaire des Systèmes Thermiques
 Industriels (IUSTI)
 IUSTI, Technopôle de Château Gombert, 5,
 rue Enrico Fermi, 13453 Marseille cedex
 13
 fred@iusti.univ-mrs.fr
 Sebastian VOLZ
 Laboratoire d'Etudes Thermiques (LET)
 LET, ENSMA - BP 40109, 1, avenue Clément
 Ader, 86961 Futuroscope Chasseneuil
 cedex
 volz@let.ensma.fr
 José Eduardo WESFREID
 Directeur de Recherche
 Laboratoire de Physique et Mécanique des
 Milieux hétérogènes (PMMH)
 ESPCI - PMMH, 10, rue Vauquelin, 75231
 Paris cedex 05
 wesfreid@pmmh.espci.fr
 http://www.pmmh.espci.fr/~wesfreid/pag
 e_perso.html
 Stéphane ZALESKI
 Professeur d'Université
 Laboratoire de Modélisation en Mécanique
 (LMM)
 4 place Jussieu, Tour 66, case 162, 75252
 Paris cedex 05
 zaleski@lmm.jussieu.fr
 http://www.lmm.jussieu.fr/~zaleski/zal
 eski.html

PIVNet2 Workshop "PIV in Biomedical Flows"

東京大学 岡本孝司

2003年11月6日にドイツ、アーヘンのRWTH Aachenにおいて、表記ワークショップが開催された。ヨーロッパの動向を調査するために、岡本が出席した。

1. ワークショップ報告

多くの講演の中から重要で興味深い講演についてまとめる。

Dr. Brucker, RWTH Aachen, Germany

生医学流へのPIV応用についてオーバービューの報告。血液ポンプ、心臓弁、呼吸系の3つについてPIVによる計測が鋭意実施されてきている。ここでは、呼吸系の研究概要をまとめる。

鼻孔や気管支の3次元モデルを作成し、レイノルズ数とウォーマスリー数(またはストローハル数)を一致させ液体による実験を数多く実施している。3次元モデルはCTスキャンデータに基づき、シリコンでモデルを作成し、屈折率を合わせた流体としてグリセリン水溶液を流す。ポンプやピストンを用いて流量をコンピュータ制御し呼吸を模擬する。例えば肺の気管支分岐部において $Re=700$ の状態ではセパレーションが観測されている。

なお、弾性体や非ニュートン流体は使っていない。スケールアップモデルでかつ計測しやすい領域を計測しているという印象。

Dr. Kallweit, ILH, Jurich, Germany

人工心臓弁の高速度PIV計測

アーヘン科学大学ユーリッヒ校 Cardiovascular Engineering 学科の学生と一緒にやっている。心室を模擬したテストベンチに2種類の弁(2葉式と1葉式)を設置し、その後流を高速度PIVで計測。試験流路は弾性のあるシリコンで作成し、模擬流体は屈折率を調整した37%グリセリン水溶液を使う。

高速度カメラはレッドレイクのC-MOS (1kHz 1520x1000, 10kHz 352x352)このカメラの利点はフレーム間のデッドタイムが3usであること。このカメラとNewWave Pagasusを同期して1kHz (DT=400us)で撮影。なお、鏡を用いて、反対側からもシート光を照明して、バルブの裏側も照明する。トレーサは10um程度の粒子。散乱光を撮影。

1葉の場合は乱れが大きいですが、2葉の方は少し落ち着いている。フレキシブルチューブも見えている。

Mr. Wieneke, LaVision

ステレオPIVによる弁周りの撮影

ヨーロッパの生医学流体PIV計測プロジェクトの紹介。SMART-PIV Project

(www.smartpiv.com)心臓弁と血液ポンプを対象とし、RWTH Aachen, ローマ大学など 10 程度の研究機関の共同研究

目的は、①様々な計測手法による計測結果の比較(3次元、ステレオ、高速度等)、②PIV 結果と CFD 結果の比較、③PIV 解析の遠隔並列処理による高速化、④せん断応力の高精度計測実験は実物大ポンプ。70-180 macro lens をもちいて 7x9mm を撮影。模擬流体はケロシン。10um の蛍光粒子を利用。

ステレオ P I V のキャリブレーション法として撮影された左右の画像間の相互相関をすることで、アライメント(設置)エラーをキャンセルアウトする。

Mr. Triep, RWTH Aachen

マイクロ軸流血液ポンプ "Micro-axial blood pump"。Impella acute という名称のポンプ。インペラ径は 4mm で、50,000rpm の時 2.7 L/min at 50mmHg。最大 3 日しか使えない。3 種類のローターに対して実験。

テレセントリックレンズを用いてロータ回りの流れを計測。ロータの回転を超音波ドップラーで計測し、位相同期をとった PIV 計測を実施。計測断面は回転軸を含む断面。グリセリン水溶液を用い、1-20um の蛍光粒子を撮影。ストラドリングの時間間隔は 10us として位相平均速度を計測。

Dr. Lindken, Mr. Vennern, TUDelft "in vivo micro-PIV measurement

鶏卵の胚周りの血流を計測

殻を割って、表面に浮き出た血管を見る。壁面せん断応力を計測することが目的。vitelline vessel の 0.27mm 直径の静脈を高速度カメラで見ている。10X のレンズを使用。Double pulse Nd:YAG レーザを卵の殻を割って、下側に入れる。超音波ドップラで心臓の鼓動をとり、トリガを入れて Phase average を撮る。トレーサは赤血球 (2mm/s = 20pixel)。高解像度で 200um の静脈を見る。50 枚で混合部位相平均をとる。

マウスの皮をつかんで皮膚表面の血流を見る。

落射照明で見ている。蛍光染料を入れている。リボソームに 400um の蛍光粒子を入れてやる。白血球などからは見えないのでステルスパーティクルといていた。24 時間入れたままでも大丈夫。視野 1mm 位の領域で 80um の血管を見ている。解像度は悪い。蛍光粒子の量が分散していて精度が悪い。ただ、ずいぶん大きく光っている。1つの粒子が 20um 位

Riethmuller, VKI, "Lung bifurcation measurement"

肺の気管支の模擬実験について

3次元モデルと模擬液体を使い、変動流を計測している。流入条件が変わると、流動がかなり変わる。

Romano, Uni. Rome, "force downstream of Valve"

心臓弁の後流を PTV で計測。

800nm の赤外レーザ(12W)で、33%グリセロール水溶液に 10um 粒子を浮かべ 1kHz

320x156 の高速度カメラで撮影。流量は 1L/min, 拍動 70/分としている。Re は最大 3200。各位相ごとの加速度マップを作成している。また、ボロノイ 3 角形をつくり、せん断応力を出し平均値の分布図を作成。

Romano "diastolic flow within left venticle"

心臓を模擬したシリコン製の風船を膨らまし、その内部の流れを計測。250fps, 赤外 7W レーザでの撮影。解析アルゴリズムは、勾配法。Gu=b の G の固有値を計算し、ある一定以上の固有値のもののみを選択。粒子をつないだサブリジョンごとに計算していく。

なお、時系列 PIV は PTV とかわらんのではと Wieneke が質問した。情報量の観点からは同じかもしれないとの感想を持った。

Benard "Intrastent flow"

Stent を入れて、詰まりかけた動脈を広げる。このステントの効果をスケールアップ実験で評価する。グリセリン水溶液を用い、シリコンで作ったステント模擬材の周りの流れを計測し、計算とシアストレスを比較。計算では非ニュートン流とニュートン流の違いが大きく出ている。

2. アーヘン工科大学空力研究所見学 (RWTH AIA)

鼻孔の拡大流路模型

心臓弁計測のためのピストン流発生装置。

PIV 計測用テストベンチが 5 個くらいあった。3 枚弁を計測している。

シリコンで作った 1/1 気管支モデル

テレセントリックレンズを用いたマイクロ P I V による血液ポンプの計測。

遠心ポンプのラビリンス部分を計測。10 倍拡大し 50um のギャップを計測。粒子濃度を濃くせず、デフォーカスを画像解析で除去。あとは粒子を追跡して流れを計測。

マイクロ血流ポンプの実物と計測実験。

おまけ。APS-DFD ミーティング (11/23-25, meadowlands, NJ)

マイクロ流動

非常に多くのマイクロのセッションがあった。(7セッション)

マイクロ P I V は普通に利用されている。親水性表面、疎水性表面の違いが重要。

0.3~0.5mm 程度のものが多い。

FD002 など。TIRF を使った nPIV の報告が数多くあった。壁近傍の 100nm 程度を可視化。EOF を計測し、理論とよく一致する事を確認。粒子径が 50nm であり、EOF の壁近傍層 (~10nm) よりは大きいので、この中を見ることは出来ていない。

EF005 100nm を粒子が出入りすることによる誤差、ブラウン運動による誤差の評価。なお、粒子密度が非常に少ないのに、一生懸命 P I V を当てはめて、どのアルゴリズムがよいか議論していた。

バイオ流動

バイオ関連のセッションも非常に多い。

FE004 肺胞の流れを模擬するため、マイクロチャンネルを作り空気を流していた。

JE012 動脈瘤の 1/1 模擬流路を作成し、ステントを入れた場合の流れを P I V 計測

JE009 流路にセルを培養し、そのセル近傍の流れ場を計測してシアを算出。壁面と平行な断面を 5um 毎に計測して、奥行き方向の速度勾配をとる。セルの高さとの相関はまだわかっていない。(セルの高さが計測できていない)

JE010 フレキシブルチューブ(厚さが変わっている)に対する、パルス流動の応答 PIV 計測

高速度 P I V

(岡本、榊原) ほとんど発表事例は無く、非常に多くの質問が来た。

KC004 高速度カメラ(1Mpixel, 500fps) 2 台による 3D-PTV の事例

その他

EF007 4パルスの連続画像から加速度を出す。(2組の PIV を偏光を変えて計測)。これに NS を適用して、圧力分布を出す。乱流として拡散項は無視し、 Du/Dt を積分。

The first International Symposium on Micro&Nano Technology (ISMNT-1)

東京大学 杉井康彦

2004年3月14-17日にアメリカ、ハワイのマリオットホテルにおいて、表記国際会議が開催された。最新のマイクロ・ナノテクノロジーの動向を調査するために、杉井が出席した。

以下に、多くの講演の中から重要で興味深い講演についてまとめる。

Ching-Chang Chieng, Engineering and System Science Department, National Tsing Hua University

“Control of Distributed Mixing Using a H-Type Microchannel Array”

素早く効率的な混合を実現するために、H字形のマイクロチップ内の流動の可視化を実験的に行った。H字型のミキシングチャンバーの大きさは、 $400 \times 400 \times 100 \mu\text{m}$ であり、対向流によって、ミキシングチャンバー内での混合を促進することができる。濃度分布を染料を用いて可視化し、500frame/sの高速度カメラで撮影し、定性的な比較を行った。

Hirofumi Kawazumi, Kinki University, Kyushu Department of Biological and Environmental Chemistry

“Visualization of Fluidic Behavior and Reaction Dynamics in Microchannels”

PMMA製の $200 \times 200 \mu\text{m}$ のマイクロチャンネル内の流れを、赤と緑のインクを用いて可視化を行った。Y字形のマイクロチップにそれぞれ、赤と緑のインクを入れ、合流後のミキシングの様子を、チャンネルの角の形状、流量、表面処理を変化させて比較を行った。

Xiaoyue Zhu, University of Michigan, Department of Biomedical Engineering

“Gravity-Driven Microfluidic Pump For Continuous Cell Culture “

精子の分別のためのマイクロデバイスのために、圧力を用いてマイクロポンプを開発した。PDMS製の $1 \times 40 \times 0.03 \text{mm}$ のマイクロチャンネルに内径4mm長さ5cmのガラス製リザーバを横にして接続し、高い精度で安定した流量を実現できた。

Naoki Ichikawa, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

“Transient Velocity Measurements of Capillary Driven Flow in a Rectangular Microchannel”

マイクロチャンネル内のキャピラリー流の過渡速度分布の計測を行った。マイクロチップは、PDMS製で、断面形状が矩形、そのサイズが $98 \times 63 \mu\text{m}$ である。20倍の対物レンズ、径が $1 \mu\text{m}$ の蛍光粒子を用いて、 520×480 画素、250frames/sの高速度カメラで撮影し、PIVおよびPTVで速度場を求めた。

A. A. Mohamad, University of Calgary

“Fluid Flow and Heat Transfer in Macro and Micro tubes Subjected to differential Heating”

マイクロチューブ内の熱流動の数値計算を行った。速度分布、圧力分布、熱伝導率を求めた。

レイノルズ数を 20 と固定し、クヌッセン数を 0.0-0.1 と変化させた。

Min Soo Kim, Samsung Advanced Institute of Technology, MEMS Lab

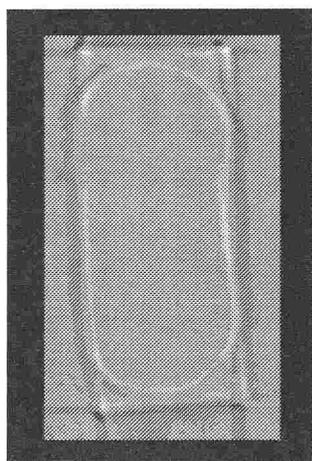
“Ejection Failure Modes Deteriorating Firing Frequency Limits in Thermal Inkjet Print Heads by Experimental Observation and Numerical Simulation “

熱式インクジェットヘッドによる能力を、動作周波数を変化させて実験的と解析的に調べたインクは、作動周波数によって、速さ 9.8-12.0m/s、容量 23.1-5.7pL で飛翔する。飛翔するインクの滴の大きさと速度を計測し、数値計算結果と比較した。流動抵抗が 0.4-9.7 では作動周波数が 3-23kHz で滴が分断し、11-43kHz で滴がスパイク状になり、流動抵抗が 0.5-7.0 では作動周波数が 3-29kHz で滴が分断し、3-47kHz で滴がスパイク状になることが観察された。

Severin Waelchli, Swiss Federal Institute of Technology (ETH), Institute of Process Engineering, Zurich, Switzerland

“Multiphase Flow Visualization in Microchannels using X-Ray Tomographic Microscopy (XTM)”

X 線トモグラフィ顕微鏡を気液 2 相流の可視化を行った。幅 250 μ m、深さ 100 μ m の T 字型のマイクロチップで、合流部で気液を混合することができる。液流量 V_L を 0.05-0.3mL/m とした。X 線トモグラフィ顕微鏡とともに、通常のマイクロ PIV を用いて速度計測を行った。下図に、X 線トモグラフィ顕微鏡で得られた結果の 1 例を示す。X 線トモグラフィ顕微鏡の空間分解能は、2 μ m 程度である。



気液 2 相流の可視化画像

Xiaoyang Huang, School of Mechanical and Production Engineering, Nanyang Technological University
“FREQUENCY DEPENDENT ELECTROOSMOTIC FLOW IN A MICROCAPILLARY PACKED WITH MICROSPHERES “

マイクロチューブ内の電気浸透流の数値計算を行った。計算対象は、閉チューブと開チューブに粒子を混入し、交流を加えたものである。

Akihito Hibara University of Tokyo, Department of Applied Chemistry

“Control and Characterization of Micro Multi-Phase Laminar Flow in Microchips”

マイクロチップ内の油水-界面のダイナミクスを実験的に調べた。幅 100 μm 、深さ 30 μm のガラス製の Y 字形マイクロチップにシリンジポンプを用いて一定流量で油と水を流し、界面張力をレーザ光を用いて調べた。アルコール-水の混合する場合にも、界面張力の存在を示す結果が得られ、混合が進むにつれて、界面張力が変化することが観察された。

Manabu Tokeshi Kanagawa Academy of Science and Technology

“Chip-based concentration by evaporation of solvent using an air-liquid two-phase flow”

マイクロチップ内で、化学物質を含んだ液体の濃縮を行うことが可能なシステムを開発した。液体と空気の 2 相流をマイクロチップ内に平行に流し、液体を蒸発させて、濃縮を行う。気液界面を安定に実現するために、マイクロチップの流路に親水性、親油性の表面処理を行うことができた。さらに、マイクロヒーターを使うことによって、濃縮度を 25%まであげることが可能となった。

従来のPIV計測に対してマイクロPIVが区別して扱われる理由の一つに、通常寸法の画像撮影では問題にならなかった被写界深度が制約される問題がある。流れ場の代表寸法が $100\mu\text{m}$ 程度の場合、これを拡大して撮影すると被写界深度の極めて浅い画像となる。2次元のPIVでは計測領域を2次元面内に限定するために必要であったシート照明が不要になる利点がある一方、3次元空間を同時に計測したい場合には障害になる。微小空間の流れをPIVで計測した例では2次元面での計測結果を重ねて3次元空間の状態を把握する手法がとられているが、この方法では過渡的な流れや瞬時流動を把握することはできない。本調査研究では微小空間の流れを3次的に把握できる可能性のある計測手法の計測例を調査し、性能を検討した。

1. 2次元計測を走査積層する方法 ($\Sigma 2C2D$)

狭い領域なら数波長程度の厚さのシート光を実現できるが、照明領域と背景の境界を明瞭に区別できない。通常の顕微鏡下では $1\mu\text{m}$ 程度の被写界深度は容易に実現でき、後述の共焦点顕微鏡下では1波長以下の被写界深度で撮影できる。3次元領域の計測では走査方法とその速度(コマ数)や位置精度が問題になる。

1) 高速スキャニング共焦点顕微鏡 <http://www.yokogawa.co.jp/SCANNER/>

30fpsで $1\mu\text{m}$ 厚さの2次元面の画像を撮影できる高速スキャニング型の共焦点顕微鏡(正確には、顕微鏡に取り付ける共焦点スキャナー)が1996年に発売され、2003年には1000fpsのものが発売されている。Kihm (<http://go.to/microlab>)らがこれを用いて、管内を移動する気泡前部の液膜流れを計測している。計測例が増えるものと期待される。

2) 光コヒーレンストモグラフィ(OCT, Optical Coherent Tomography)

近赤外光は生体に対して弱吸収体であり、1cm以上の距離を直進できる。OCTは生体中に入って反射して戻ってくる光だけを検出して断面像を得る技術であり、1cm程度までの深さで厚さ数 μm 程度の断面像を撮影できる。OCTはコヒーレンス長さのごく短いレーザ光線を照射し、内部から戻ってくる反射光をマイケルソンの干渉計によって検出する原理で、眼科では実用診断に利用されている。コヒーレンス長の短い光を生成する方法によっていくつかの方式がある。<http://brian.cs.kobe-u.ac.jp/> (日本語)。

<http://spectra.bli.uci.edu/>や<http://www.lightlabimaging.com/index.html>には多数の解説と適用例が掲載されている。現在の技術ではせいぜい10fps程度(確認できていない)の撮影速度であるらしい。撮影速度がもう少し速くなれば、OCTと同じ原理で近赤外線やそれ以外の電磁波を用いたOCT-PIVが行われる可能性がある。

2. ステレオマイクロPTV

高解像度のビデオカメラと像倍率10倍程度のレンズを組み合わせると $2-3\mu\text{m}$ 程度のトレーサ像を十分な大きさで撮影できる。顕微鏡レンズより解像度は劣るが、幅 $100\mu\text{m}$ 、深さ $50\mu\text{m}$ 程度の流路をステレオ撮影可能である。高倍率で撮影した画像から3次元位置を算出するにはperspective歪が無いテレセントリックレンズを使用すれば、較正とステレオ対応付けが容易になる。図1は $100\times 30\mu\text{m}$ の微小流路のステレオ画像である。トレーサの直径は $2\mu\text{m}$ 。

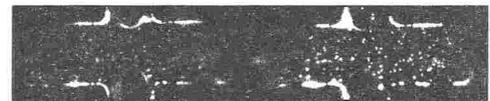


図1. 微小流路($100\times 30\mu\text{m}$)の3次元PTV用ステレオ画像

3. ステレオインラインホログラフィによるPIV

光学レンズを用いた高拡大率での画像撮影は被写界深度による制約があるが、ホログラフィではこの制約が無くなる。ホログラフィは連続撮影ができないとか振動に弱いなどの弱点があったが、インラインホログラフィは、振動に対してロバストかつ光学系が単純であり、高解像度のビデオカメラでトレーサのホログラムを撮影できる。ビデオカメラで撮影したホログラムをデジタル解析する方法で連続的なPIV計測が可能になる。インラインホログラフィは光軸方向の解像度が悪い欠点があるが、これはステレオ撮影することで解決できる。微小空間で十分な解像度を持ったインラインホログラムをステレオ撮影した例はまだ見かけないが、遠くない将来に発表されるものと思われる。

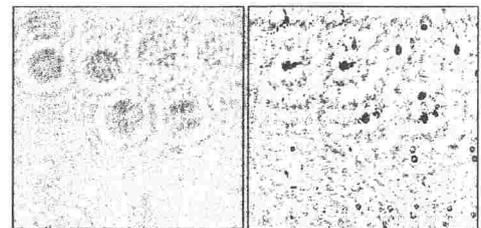


図2. ステレオインラインホログラム(幅2mm, 粒子径 $\phi 9$)と復元粒子像

微小流路内のマイクロ PIV 計測に関する調査研究

東京大学生産技術研究所 大島まり

PDMS により作成したマイクロチャンネルを用いて、以下の 2 点について重点的に研究を行っている。

- 1) マイクロチャンネルにおける圧力駆動流と電気浸透流の比較検討
- 2) 液滴を利用したマイクロミキシング機構の開発

1. マイクロチャンネル流れの計測

新しく開発したマイクロ PIV システム (図 1) を利用して、マイクロチャンネル内の流れ (圧力駆動流・電気浸透流) の計測を行う。現在までに、マイクロ PIV システムの確立と、それを利用して、マイクロポンプによる圧力駆動時の基本的な流動現象の計測に成功した。その計測結果の例を図 2 に示す。PDMS マイクロチップ内に形成されたマイクロチャンネル (幅 $400\mu\text{m}$ x 深さ $145\mu\text{m}$) 内に円柱や角柱などの様々な形状の物体が配置された場合の流れの可視化・計測を行った。低 Reynolds 数での流れは完全な Stokes 流れとなり、Reynolds 数の増加とともに円柱や角柱後流では低速領域が下流方向に拡大し、また $Re=8.0$ においては、角柱の後ろに剥離や渦が発生することが確認された。今後は電気浸透流の計測を行い、圧力駆動流との比較研究を進めていく予定である。

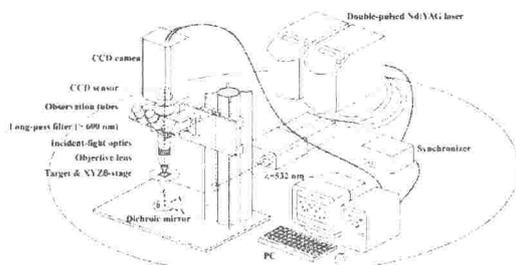


図 1. マイクロ PIV システム

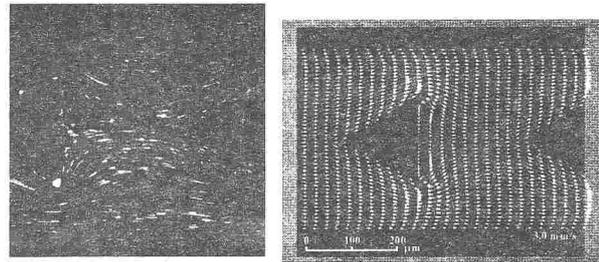


図 2. 三角柱群における Stokes 流れ ($Re=0.1$)

2. 液滴を利用したマイクロミキシング機構の開発

液滴ベースのマイクロ流体デバイスにおける、微小液滴内に発生する流れを利用した新たな混合促進機構を探ることを目的としている。図 3 に示すように、PDMS マイクロチャンネル内に nL (ナノリットル) オーダーの液滴を生成し、その周囲に空気流を発生させ、その液滴・空気界面の流体摩擦によって液滴内に流れを発生させる。これまでに図 4 と 5 に示されているように液滴内の流れの可視化と、マイクロ PIV によるその流れの定量的な速度計測に成功している。これらの結果より、液滴内には対称な双子渦が発生し、流体が循環している。その流速は最大で 10mm/s であり、この現象を応用することで容易かつ効率的な混合促進機構を実現できる可能性が示された。今後、この現象を利用して、液滴の生成・輸送・混合といった一連のプロセスを実行できるデバイスの開発を行っていく。

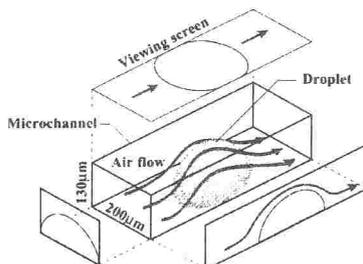


図 3. 液滴の配置

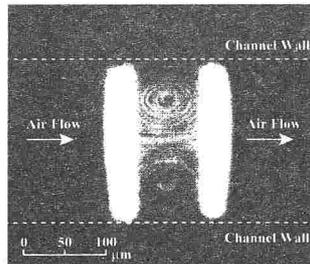


図 4. 液滴内部に発生する双子渦の可視化

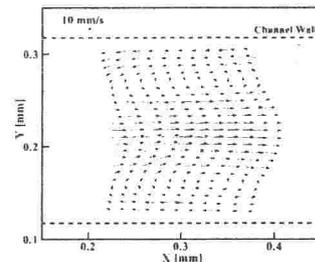


図 5. 双子渦の PIV 計測

高速度カメラとマイクロビジュアライゼーション

岡本孝司(東京大学)

高速度カメラはマイクロビジュアライゼーションには非常に有効なツールである。しかしながら、高速度カメラを適用する場合には、下記点を考慮する必要がある。

(1). 高繰り返しが必要

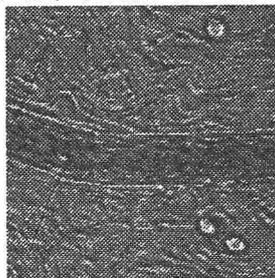
マイクロスケールになると、視野が非常に狭くなり、相対的に移動速度が速くなる。このため、フレームレートによって、観測できる現象の速度が決定されてしまう。1~10kHz程度の高速度カメラが有効である。

(2). 高感度が必要

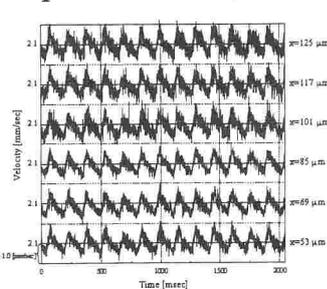
高速になればなるだけ、シャッタ時間が短くなる。十分な光を確保できれば、一般的な高速度カメラでも可能であるが、蛍光を見る為には、高感度のカメラが必須となる。上記の2つはある意味相反した要求であるが、高速でかつ高感度なカメラは、マイクロビジュアライゼーションの為には強力なツールである。

a) ラット腸間膜における細動脈(Sugii, Y. et al., Physiological Measurement 2002)

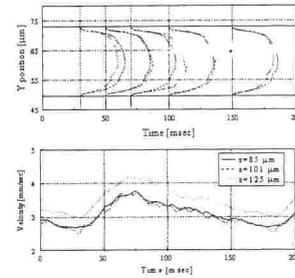
直径 $30\mu\text{m}$ の細動脈を流れる赤血球を可視化し、その速度ベクトルを求めている。使用したカメラは、 512×512 画素・ 1000fps でハロゲン照明で赤血球像を捉えている。



高速度カメラ画像



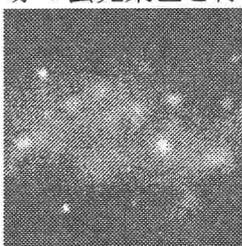
PIV 時系列速度変動データ



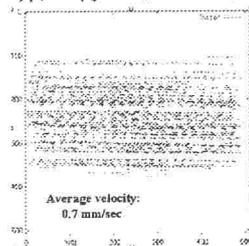
位相平均速度分布

b) $100\mu\text{m}$ 模擬血管内血液流動 (Okuda, R., Master Thesis, Univ. Tokyo, 2004)

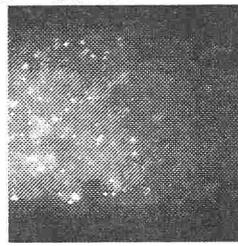
直径 $100\mu\text{m}$ の円管内に血液を流して、赤血球と血漿の速度を同時計測した。用いたカメラは、フォトロン製、FASTCAM MAX-II (1024×1024 , 2kfps でイメージインテンシファイア付) である。照明は水銀ランプで、フィルタにより特定波長を選択して照射している。赤血球は緑→赤の蛍光染色を行い、紫→青のトレーサ粒子を血漿速度として可視化計測する。



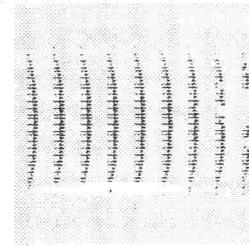
赤血球画像(6000fps)



赤血球速度分布



血漿層画像(6000fps)



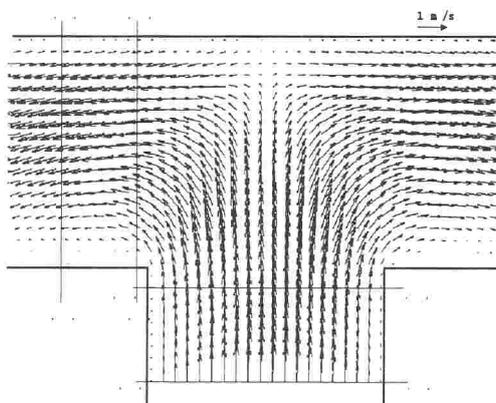
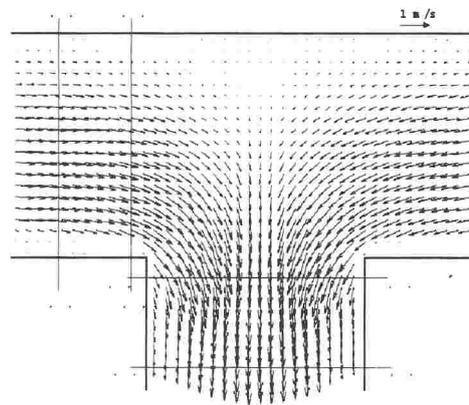
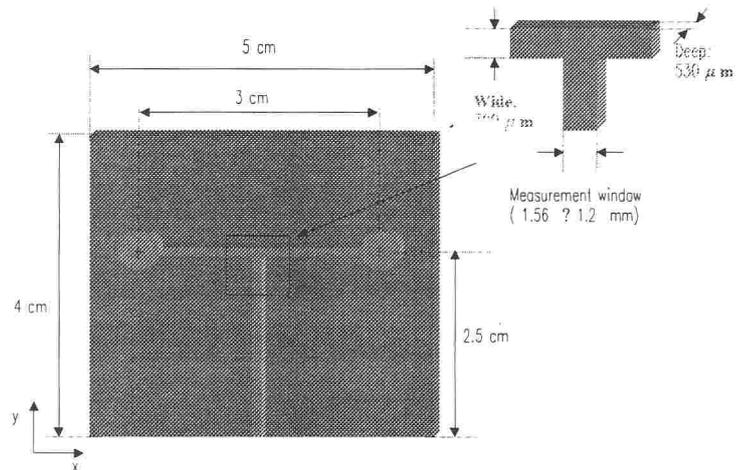
血漿層速度分布

「肺気道気体置換過程のフロービジュアライゼーション」

埼玉大学工学部 川橋正昭

呼吸における生理作用の基本メカニズムは、呼吸細気管支および肺胞管に接続する肺胞の肺胞・毛細血管膜を通してなされる吸気中酸素と血中二酸化炭素のガス交換である。肺胞上皮を通してのガス交換機構については、多くの生理学的研究がなされている。その一方で、呼吸換気の機構、すなわち吸気がどのように肺胞に到達し、肺胞内でどのような酸素および二酸化炭素のガス濃度拡散が生じ、さらにどのように呼気を形成して排出されていくかについては、十分明らかにされていない。その要因は、個々の肺胞におけるマイクロスケール物質拡散機構、および肺胞、肺胞囊から終末肺気管支にいたるマイクロスケール振動流構造、気道部のストリーミングおよび乱流作用を伴う振動流構造など、呼吸換気作用における流体機能がほとんど解明されていないことによる。このような呼吸換気において主体となる流体機能を明らかにすることは、呼吸の人工的管理を必要とする症例に対応する人口換気法を考えるとき、極めて重要となる。その一例として、比較的換気量の少ない人口換気に有効とされて、早産児呼吸管理に多用されてきた高頻度振動換気法 (High Frequency Oscillatory Ventilation) における基本的換気機構解析が求められている。

ここでは、高頻度振動換気における換気機構の基礎的流動現象を調べるための第一段階として、マイクロスケール気管支モデル内の振動流計測法を確立するため、T字分岐を有するマイクロチャンネル内振動気流流速計測を行った。マイクロチャンネルは、流路幅 $300\ \mu\text{m}$ 、奥行き $530\ \mu\text{m}$ の矩形断面を有し、分岐部長さ約 15mm 、合流部長さ約 25mm である。トレーサ粒子には線香の煙を用いている。振動周期は、約 1秒 、変動流量は 10ml とした。得られた結果の例が以下に示されている。



熱式マイクロせん断応力カイメージチップによる壁面せん断応力の認識」に関する研究

日本大学 木村元昭、宮城徳誠

1. MEMS を用いた壁面情報の取得

MEMS(Micro Electro Mechanical Systems)は半導体の集積回路バッチ製造技術を利用して、微小なセンサやアクチュエータを包含するデバイスの総称であり、長さスケールは1 μm 以上1 mm 以下の範囲とされ、従来使用されている各種センサおよびアクチュエータに比べ、マイクロ化が達成されている。熱流体の物理量を計測するセンサとその物理量を変化させるアクチュエータを小型化し、多数配置したマイクロ化とマルチ化により、熱流体を効果的に制御することが期待されており、両者の条件を満たす技術としてMEMSが最も適している。近年は曲面にもフィットするソフトタイプのせん断応力チップや一つのチップ上に圧力、温度、せん断応力各センサを搭載したマルチタイプなど様々なマイクロセンサが精力的に製作されている。今後、マイクロセンサは時系列の壁面せん断応力だけではなく圧力、温度といった面情報が測定でき、画面情報処理と組み合わせることにより、流れ場の時間空間構造の推定、さらには壁面抵抗の低減や制御を可能にする期待が持たれている。

2. センサ群情報の処理

センサ群から可視化される壁面情報は、様々な周波数成分を合成した積分値であり、さらなる詳細な解析においては、統計的手法や周波数解析といった新しい解析手法が必要であることは言うまでもない。周波数解析については、フーリエ変換を行うことが常套手段ではあるが、時間空間的に准2次元平面で得られるせん断応力分布の特異性の検出や特徴抽出には、さらなるデータ解析の工夫が必要であろう。時間空間情報を残したまま周波数特性を得る方法の一つとしてウェーブレット解析がある。連続ウェーブレット解析や離散ウェーブレット解析が、波動解析に多用されてきている。MEMSセンサにより得られた、時空間の准2次元データに離散ウェーブレット変換を施し、壁面近傍構造のより詳細な可視化の試みが進められている。

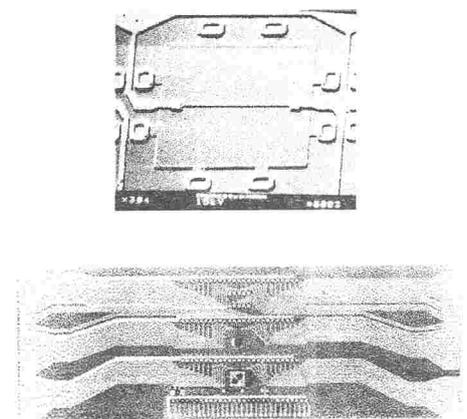


Fig.1 マイクロせん断応力チップ

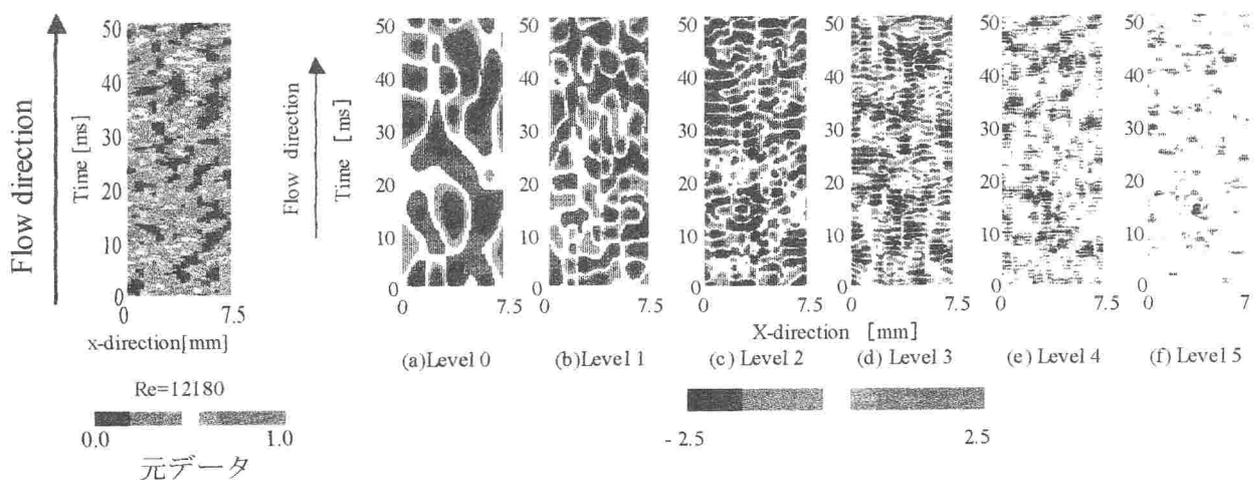


Fig.2 マイクロせん断応力チップデータの離散ウェーブレット解析例

「微小血管内流場の可視化」に関する研究

東京大学 杉井 康彦

現代社会において、大幅な生活様式の変化と急速な高齢化に伴い、心臓病・高血圧症・脳血管障害などに代表される循環器系疾患の有病率が高まっている。これらの疾患による我が国の死亡率は国民死亡原因の約35%を越えるに至っており、これらの疾病対策は、欧米同様に今や国家的課題となっている。微小血管系は直径が100 μm 以下の細動脈・毛細血管・細静脈などの微小血管網から構成される。ここを流れる血液は微小循環と呼ばれ、酸素や栄養分の物質交換を行うことによって、細胞や組織を恒常的に維持するという重要な役割を果たしている。脳血管障害・心臓病などに代表される循環疾患の増加に伴い、その病因の解明が重要な課題となっているが、これには微小な血管内の流れ場を正確に把握することが重要な課題となる。

血液は、約半分の体積率を占める赤血球と0.5%以下の白血球・血小板、液体成分の血漿から構成される。正常なヒト血液において赤血球は、その体積の40-45%を占め、白血球は赤血球1000個当たり1個の割合で存在する。したがって、血液の力学的性質や流動を考える場合は、血液を血漿中の濃厚な赤血球サスペンションとみなすことが出来る。赤血球はヘモグロビン溶液とそれを包む薄い膜からなり、そのサイズは動物によって若干異なるもののヒトでは、血漿中に静置された場合、直径約6-8 μm 、厚さ2-3 μm の中央がくぼんだ両凹円板形となる。

赤血球は高ずり速度域では血球自身が変形するため血液の粘性が減少し、低ずり速度域では赤血球が集合するため、血液の粘性が増加する。また、血管が細くなるにつれて、管の中心に赤血球が集まり（軸集中）、壁面近傍に赤血球の存在しない数 μm の厚みの血漿層が出来るなど、特徴的な流れとなることが光学顕微鏡下での目視での観察によって確認されている。

微小循環内の血流計測においては、Dual Slit法やレーザドップラ流速計(LDV法)による速度計測も行われている。これらの手法を応用した血管内での多点計測も報告されているが、詳細な流速分布を得ることは原理的に困難である。これまでに、毛細血管内や微小機械内などのマイクロスケールの流れ場の可視化・計測方法であるマイクロPIV法が開発され、マイクロスケールの流れ場計測に成果を發揮している。血流計測においても、in vivo（生体内）やin vitro（生体外）実験にマイクロPIV法を適用し、細動脈内の赤血球速度計測、血管壁近傍の血漿層内の速度計測や赤血球の変形能の計測などが行われている。管径が30 μm 程度まで小さくなると、赤血球の大きさが無視できなくなり、ノンニュートン流体の特徴を示し、その度合いが、赤血球濃度や赤血球の凝集、赤血球の力学的特性などに大きく左右されることが示された。また、赤血球の変形は、血管壁との相互作用や血漿から受けるせん断力によって引き起こされることが確認されている。

微小血管内流場の可視化では、特に生体適合性について検討する必要がある。例えば、蛍光粒子などを血液に混入する際やマイクロチップ内に血液を流す際には、生体適合性が不十分であると、血液の凝固や凝集などを引き起こし、血液のレオロジーそのものが変化するためである。血流のダイナミクスを把握することは、循環器病の発生のメカニズムを理解するためにも重要である、更なる発展が期待される分野である。

「希薄高分子溶液乱流のトムズ効果を対象としたナノスケール可視化の調査研究」

横浜国立大学 西野耕一

1. 研究概要

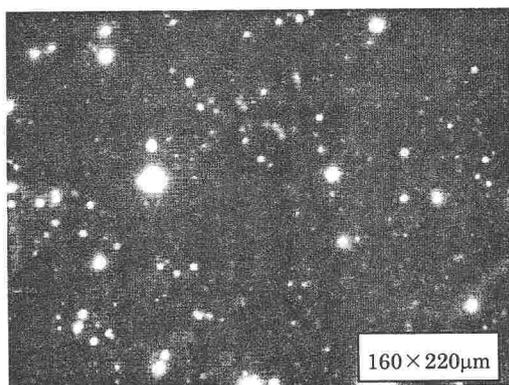
暗視野顕微鏡を用いて、水流中のPEO（ポリエチレンオキサイド）高分子のその場観察を行った。分子量400万程度、濃度50wppmであり、観察流路は幅1mmの矩形チャンネルである。また、粒径60nm及び20nmのトレーサ粒子のブラウン運動を可視化した。

[顕微鏡条件]: 顕微鏡（オリンパス：BX51）、40倍対物レンズ（UplanFl 40×、NA0.75、WD0.51mm）、100倍対物レンズ（UplanApo 100× Oil Iris3、NA0.50~1.35、WD0.10mm）、長作動距離60倍対物レンズ（LC Plan Fl 60×、NA0.7、WD1.7mm（ガラス厚1.0mmの時））、油浸式暗視野コンデンサー（NA1.2~1.4）

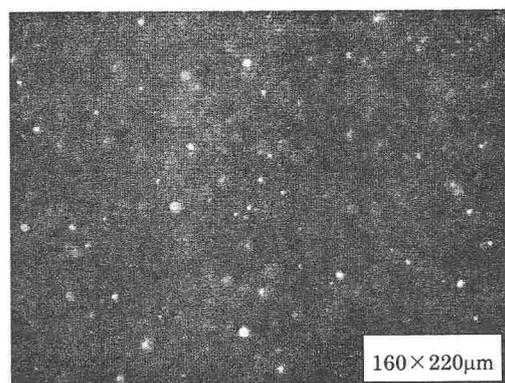
[撮影条件]: ICCDカメラ（浜松ホトニクス、最小受光面照度0.00002lx）

[照明条件]: 照明（100Wハロゲンランプハウス）又はパルス光源（日進電子工業、Xe電源入力エネルギー=1.66J/F、発光周波数=60Hz）

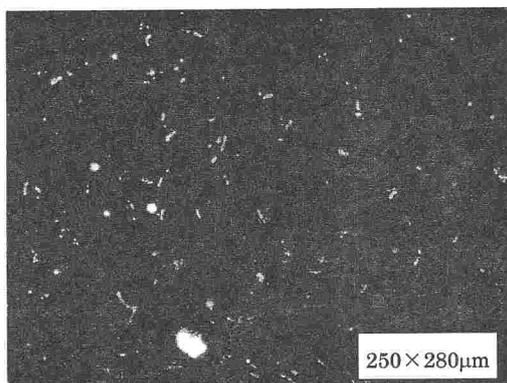
※本研究は横浜国立大学工学府システム統合工学専攻 水野史雄氏の修士論文研究の一部として実施したものである。



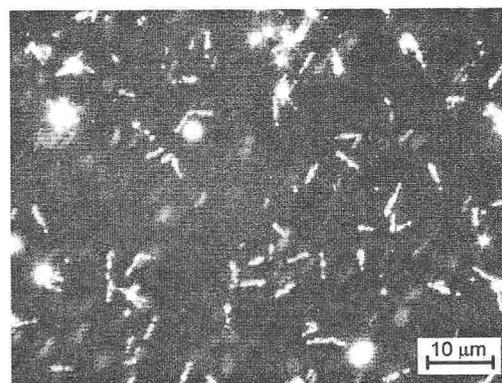
トレーサー粒子（20nm、60倍）



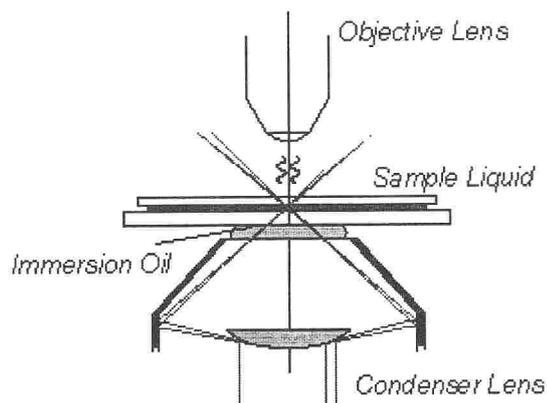
トレーサー粒子（60nm、60倍）



横浜国大撮影（2003年8月、40倍）



東工大 木倉研撮影（2000年12月、100倍）



暗視野法の原理図

マイクロリアクターを対象としたマイクロ流動における混合・反応の調査研究

九州大学 速水 洋、赤星賢一 (M1)、荒巻森一朗

μ TAS (マイクロタス、micro total analysis system) [1]は化学分野、医学分野、その他で大いに活用される21世紀型新技術のひとつである。その要素である、反応・混合等を行うマイクロリアクター、さらにその要素であるマイクロチャンネル内の流力的挙動解明が望まれている。マイクロリアクター等の設計は、低レイノルズ数流れのゆえに、層流解析に頼っているのが現状であるが、現実にはむしろ試行錯誤に頼らざるを得ない状況である。数百ミクロンよりも極小チャンネル内流れについては今後さらなる研究が進むものと思われる。ここでは、近い将来に、マイクロリアクター設計の基礎となる資料を提供することを目的として研究を進める。

マイクロ流動における混合・反応 マイクロチャンネル内ではレイノルズ数が非常に小さいため、乱流による混合が期待できず、化学反応は分子拡散のみに依存する。現在、反応の高効率化を目的として様々なマイクロチャンネル研究が盛んである。例えば、3次元構造による混合促進、局所的電気浸透流、熱等を利用した混合促進がある。また、T字型流路系を使った2液の混合の場合、マイクロミキサをEhrfeldらの研究を基にして以下のように分類している[2]。(1) 高速2液流れの衝突、(2) 1成分を多数の流れにして、もう一方の成分の流れに吹き付けることによる混合、(3) 2方向から導入される2液を、多層に分割することによる2成分の混合、(4) 流速を増すことで、流れに垂直方向の拡散距離を減少させる方法、(5) 層流2成分流れの複数回分割・再配列による混合、(6) 外部エネルギー(攪拌、超音波、電気、熱エネルギー)などを利用する混合、(7) 小さな液体区分の断続的吹き込による混合。

混合・反応の可視化 マイクロリアクター内の可視化としては、PIV、化学反応を利用した発光反応等が利用されている。マイクロPIVでは、顕微鏡の性能が測定精度を決めることが報告されている。マイクロPIVにおけるカメラの性能としては、解像度:512x512~1300x1300pixels, 8~12bit, 顕微鏡の性能としては、倍率:20~100, N.A=0.1~1.4の範囲のものが使われていることが報告されている。

研究の状況 混合過程の可視化計測については、ピエゾ攪拌子によるセル内の混合過程の可視化と特性解明[3]、極低レイノルズ数(最小0.001以下)における細線抗力係数の計測[4]、ダイナミックPIVの開発研究[5]等がある。なお、マイクロ可視化もしくはマイクロPIVについては、2002年度より準備を始め、現在、マイクロチャンネル内流れについて予備実験中である。

マイクロ空間化学研究ラボが主催しているマイクロリアクター技術研究会@九州 (<http://unit.aist.go.jp/kyushu/mischel/jp/microreactor.htm>) や、ASME Nanotechnology Institute (<http://www.nanotechnologyinstitute.org>) /等に登録して情報収集中である。

[1] Reyes, D. R. et al, 添付文献抄録2編を参照されたい。

[2] 吉田 潤一 ほか, マイクロリアクタ, シーエムシー出版, 2003. 添付文献抄録を参照。

[3] 速水・ほか, 可視化情報, 11-Suppl. 2 (1991), 281-284. 日本臨床検査自動化学会学会誌, 17-4 (1993), 356.

[4] 王征成, 低レイノルズ数領域における微少抗力の計測および半導体素子封止のトランスファ成形への応用, 九州大学博士論文 (1995) .

[5] 速水・ほか, 可視化情報, 23-Suppl. 1 (2003), 207-208.

「人工筋肉(IPMC)を用いた微小流路内制御」に関する研究

埼玉大学工学部 平原裕行

人工筋肉として近年利用されている導電性高分子 (Electroactive Polymer:EAP) を用いて、流れの制御の研究を行ってきた。使用した EAP は、貴金属接合体イオン導電性高分子 (IPMC) で、パーフルオロカルボン酸膜に薄膜金電極を用いたものである。本実験で用いた IPMC は、市販のものである。イオン交換樹脂を用いて金錯体溶液中に浸し、これを還元しメッキしたものである。この EAP は低電圧で比較的高速の応答をすることに特徴がある。

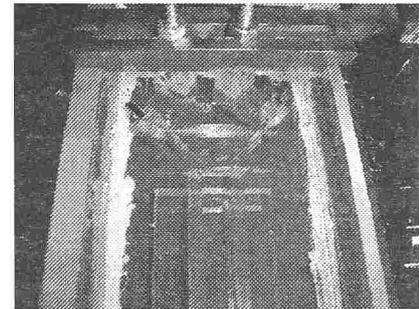
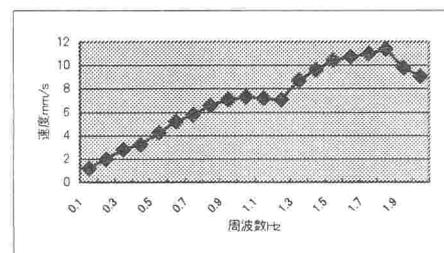
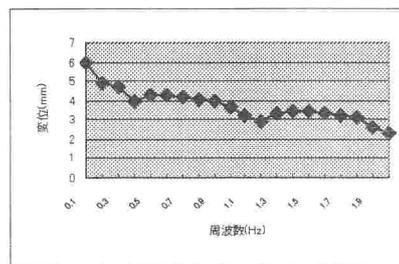


図 1.IPMC による流体輸送

印加電圧は 5 V 程度で、応答周波数は、実測数 Hz 程度までであった。変位は非常に大きく、図 2 に示すように



$\tan \theta = 0.8$ 程度

の変位が得られた。なお、この IPMC は、アルキルアンモニウム塩溶液を用いて作動させる。この IPMC を用いて流体を輸送するための流路を図 1 に示す。流れを PIV によって計測した結果を図 3 に示す。原理は、高分子膜内にドーパされたイオンの移動によって作動するため、イオンの状態に大きく左右されるものと思われる。通常の利用において数百時間、高負荷の場合には数週間程度で動作が鈍くなり、応答が低下する。その他に、Dupont 社の Nafion, 175 μm の膜に Li, Ba をイオンドーパ (2 日浸透) し、スパッタによる 500 \AA の蒸着を行って薄膜を生成したが、これは動作しなかった。EAP の良好な動作を得るためには、比較的、厚い膜形成と十分なイオンのドーパが重要である。下表に、最近の EAP の特徴をまとめた。

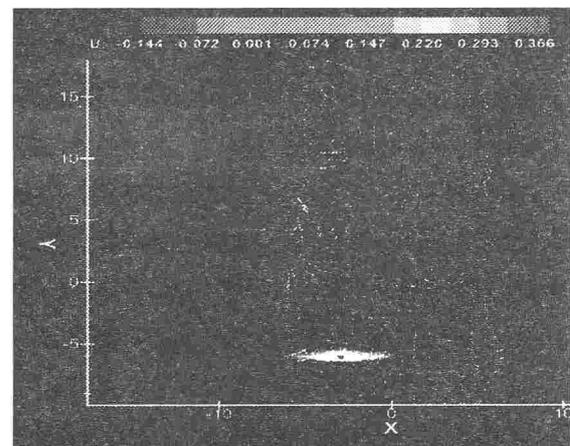


図 3 PIV による速度計測；流路幅 10mm

ELECTRIC EAP	名称	動作電圧	変位	寸法	周波数	応答速度	特徴	用途
Ferroelectric Polymers	強誘電体高分子	<150V/ μm	5%		>100KHZ		どこでも使用可	
Dielectric EAP	誘電体高分子	<100V/ μm	10~200%	小さい			ピエゾ素子	人工筋肉
Electrostrictive Graft Elastomers	電歪枝状高分子		4%				弾性	圧電センサ
Electrostrictive Paper	電歪ペーパー						軽量、簡単に製造	アクティブ吸音材
Electro-Viscoelastic Elastomers	電気粘弾性高分子	<6V/ μm					流、固体	ダンパー
IONIC EAP								
Liquid Crystal Elastomer Materials	液晶エラストマー					速い	液晶	
Ionic Polymer Gels	イオン高分子ゲル		>40%	大きい		速い	ゲル、強い	
IPMC	貴金属接合体イオン導電性高分子	1~2V	10%		>100HZ	速い	低電圧、安定	ソフトアクチュエーター
Conductive Polymers	導電性高分子	1~5V	10%	小さい	>40HZ		低電圧	外科手術道具
CNT	カーボンナノチューブ		1%			速い	優導電性	マイクロ
Electro-Rheological Fluids	ER 流体						粘性変化	クラッチ、ダンパー

「マイクロアクチュエータ、マイクロセンサ周りの流れに関する研究」

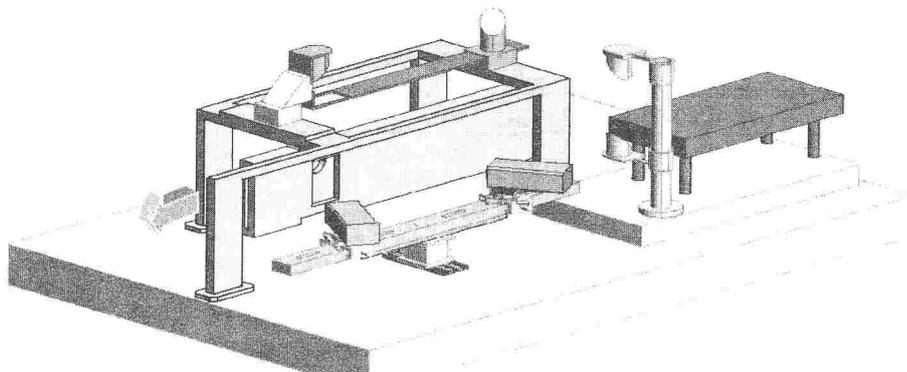
東京理科大学 工学部 本阿弥 眞治

近年、MEMS (Micro Electro-Mechanical System) に代表される各種マイクロデバイスに関心が集まっている。マイクロセンサならびにマイクロアクチュエータで構成される MEMS の応用は、現在、医療、バイオを中心とした分野で製品化され、実用化の段階に入りつつあるが、熱流体工学に関係した分野では、試作品の検討など、実用化に至るケースが少ない。

その主な理由は、MEMS の長さスケールが数 μm から数百 μm のオーダーであるため、流れ場のレイノルズ数が最大でも数百と層流から乱流に遷移する範囲となり、併せて、クヌードセン数が 0.001 以上となる場合もあり、スリップ流れの範囲となり、従来の流れの研究成果を反映させることが難しいためである。特に、1980 年代以降、流れの受動、能動制御技術の開発が精力的に取り組まれてきたが、流れの対象は主に乱流の範囲に限られていたので、開発された制御技術をそのまま適用することが困難である。例えば、音響擾乱による周波数能動制御はせん断層に存在する渦構造の合体などの特性を利用することにより効果をあげることができるが、低レイノルズ数では、渦の発達や渦構造の進化が異なり、このような渦の特徴を理解することが、効果的な制御法の確立に不可欠であるので、現在、低レイノルズ数、スリップ流れの制御技術を視野に入れた基礎的な流動機構の把握に研究の中心が置かれている。

次に、マイクロ流体工学において MEMS が実用化に至らない第 2 の理由として、流動機構の解明に不可欠な流れの観察や計測技術があげられる。MEMS デバイス、即ち、マイクロセンサならびにマイクロアクチュエータ周りの流れは、バッチ処理による製造技術の制約を受け、流体工学上、必ずしも、好ましい配置とならず、例えば、配線やサポート構造など、3次元構造を有し、複雑な形状、配置の影響を受けるので、流動機構の解明が必ずしも十分になされないまま、試作品が製造されることが多い。そこで、アクチュエータに対しては、短い時定数による高周波数化、センサに対しては、高精度化や高分解能化を推進する際、デバイス周りの流れの理解とデバイス設計を統合化したアプローチが求められる。

以上の背景をもとに、マイクロ流体工学において、制御特性に優れた熱流体デバイスを得るには、マイクロデバイス周りの流れを計測するシステムの構築が必要であり、非侵襲性センシング技術の一つであるマイクロ PIV をベースにしたシステムによりマイクロデバイス周りの流れ計測に適したマイクロセンシング風洞を製作し、検討している。特に、マイクロステレオ PIV システムにより 3次元流れ場の計測システムが進められている。下図にシステムの配置を示す。

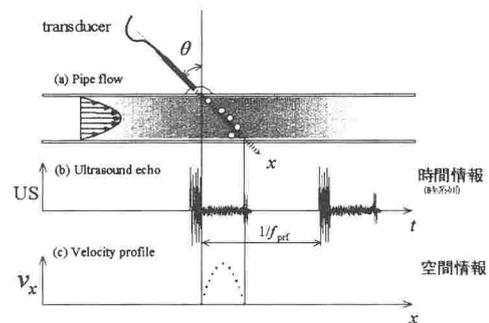


「超音波ドップラー流速分布測定法による流速分布ビジュアライゼーション」に関する研究

北海道大学 村井 祐一, 協力 大窪 智行

超音波ドップラー流速分布測定法(以下 UDM: Ultrasound Doppler Method, なお商品として出回っている呼称は UVP: Ultrasonic Velocity Profiler)は, 超音波を利用した主として液体の流速分布を計測する手法である. UDM は超音波流速計とは異なり, 流れ場における流速分布を測定するものである. UDM の最大の特徴は, 不透明な流体の内部流速分布を計測できることである. そのため, 光学的計測に制約のある場合において利用できる. 例えば液体金属や血流, 油, 土砂や異物を多量に含む河川流, 高分子や生化学におけるエマルジョンなどの流体内部速度分布を知るうえで有効である. また, 空気や水など, 流体自体が透明であっても, 管内流な流体機械の内部流など, 不透明な流路に覆われた場合, 可視化窓などを設けることなく, 外部から内部流体の流速分布を得ることができる. また, 同様な理由により温度や圧力などの流れ環境が, 光学計測に適さない場合においても利用できる. さらに, UDM における波形処理の高速化により, リアルタイムで速度分布をモニタリングできるようになっている. そのため流速分布の非定常な変化, すなわち時空間 2 次元の流れ挙動を詳細に抽出することができる. このため, 工業機器, 自然環境, 生体の流れについては, なんの後処理もなくその場で流れの時間挙動を定量的に観測できる.

右図は, 管内流を例にあげて, UDM 計測の概要を示すものである. UDM は基本周波数 f_0 を持つ超音波パルスを管内計測線上に発射し, 流体中から反射されるエコーをとらえ, そのドップラー信号から流動場を明らかにする. UDM で得られるデータは計測線上の 1 成分の速度分布である. 速度方向は計測線方向であり, 正・負で計測できるため順流・逆流が判別できる.



時間分解能は十数ミリ秒であり流体の時々刻々の変化

にも素早く対応できる. すなわち, UDM は一次元空間の速度 1 成分を時系列で計測するものである.

以下に, 当研究室で開発中の UDM システムに関する研究例を示す.

(1)速度ベクトルプロファイラー

計測線を複数にすることにより, 流速分布をベクトル量としてマッピングすることができる.

(2)計測空間分解能の改善

超音波パルスを focus してパルス幅を極端に縮小させることにより空間分解能を向上できる.

(3)オンラインモニタリング

河川や既存のパイプラインの流速分布を internet で送受信し, 実時間でオンライン計測できる.

(4)低速流体の UDM

ドップラー効果の小さい低速流体においても波形相関解析により速度分布を得ることができる

(5)混相流体の UDM

微小気泡や固体粒子を含む乱流境界層の内層構造(レイノルズ応力など)を実時間計測できる.

(1) Takeda, Y., Exp. Therm. & Fluid Sci., 10, (1995), pp.444-453

(2) Takeda, Y., JSME International Journal, Fluids and Thermal Engineering, Vol.38, No.1, (1995), pp.8-16

マイクロアクチュエータのための微生物のアクチュエータ機能に関する調査研究

東洋大学 望月 修

この研究が緊急性をもって必要とされるのは、1) 癌の細胞レベルにおける治療において、たとえば免疫細胞の選択機能や白血球(図1)のようにバクテリアなど異物を体内から選択的に排除する能力をもつ(たとえば人工白血球のような)ソフトロボットの早期実用化が望まれていること、2) 従来の医療検査や透析のように病院へ行って長い時間かかるものではなく、いつでもどこでも希望する検査・治療が受けられるユビキタスマイクロ医療機器や、衰退やダメージを受けたときなどに機能・能力を一時的にアシストしてくれる人体に優しいソフトマターの支援機器の発展が強く要望されているからである。本研究目的は、生体細胞原形質内における分子モーターシステム(図2)を明らかにすることによって柔らかな機能の発現メカニズムを解明し、それをソフトロボットにおけるバイオアクチュエータ技術に応用することである。

このため、アメーバ運動に着目して研究を行っている。アメーバの原形質流動を可視化するために、倍率を450倍から3000倍に変えられる率を光学顕微鏡を用いた。高感度撮影のために冷却CCDカメラを用いた。撮影された細胞内部の原形質の移動から原形質の速度を求め、アメーバの仮足の先端の移動速度と比較した。実験対象はアメーバ・プロテウス(約300 μ m)である。アメーバプロテウスは20 $^{\circ}$ Cで管理したインキュベータ内KCM溶液を培養液としキロモナスを餌として培養したものである。アメーバの一固体をマイクロピペットで摘出し培養液ごとプレパラートにのせ、その上からカバーガラスをかぶせ試験片とした。これにより、三次元であるアメーバの体を平面状にし、奥行き方向の運動を押しさえ込み平面内の運動を観察しやすいようにした。原形質の速度計測には原形質内の高比重顆粒(約1.5 μ)をトレーサー用パーティクルとして利用した。高比重顆粒は写真では黒い点として写っている。それがフレーム間に移動する距離をPTVソフトにより求め速度を算出した。原形質の粘性やブラウン運動があるため、粒子の運動が原形質の流れそのものということには必ずしもならないが、現時点では高比重顆粒の運動を原形質の流動と見なしている。外皮の速度計測は、ビデオ映像の数フレーム間の増加面積 ΔV を仮足の幅で割り平均速度を求めた(図3)。この結果、体内における流量バランスがとれていないこと、仮足の伸びる速度と、その仮足内部の原形質流動の速度には4倍もの差があった。

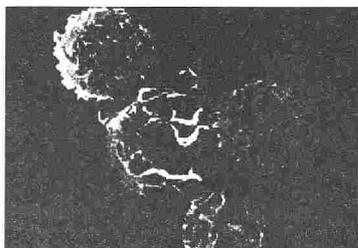


図1 白血球

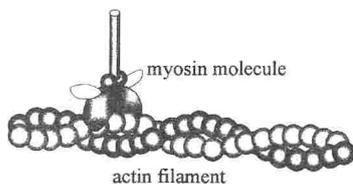


図2 アクチン-ミオシン駆動系

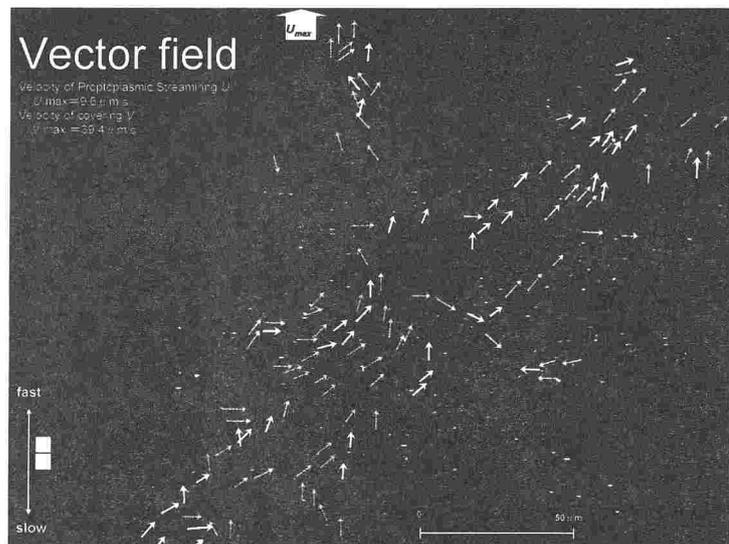


図3 アメーバ内の原形質流動

「平板乱流境界層における乱れ強さの計測⁽¹⁾」に関する研究紹介

岐阜大学 山下 新太郎

本報告は Löfdahl らによるマイクロ熱線に関する一連の研究の一つで、MEMS 技術によって製作されたマイクロ熱線を用いて、平板乱流境界層（特に粘性底層内）の速度変動および変動壁面せん断応力の測定を試みたものである。

マイクロ熱線は、壁面近傍の瞬時速度勾配を計測することを目的として MEMS 技術により製作されたもので、壁面からの距離 $h = 50, 100 \mu\text{m}$ に位置する2本の熱線（長さ $l = 400 \mu\text{m}$ 、厚さ $2 \mu\text{m}$ ）で構成される（図1a）。センサは非常に高い精度で製作されており、熱線の高さ位置とたわみの精度は $1 \mu\text{m}$ 程度である。したがって壁面とセンサとの並行度、壁面からの距離を精度良く知ることが可能である。このように微小化されたマイクロセンサは、粘性底層内の速度変動の検出が可能で、壁面せん断応力の非定常測定に要求される十分な空間分解能と応答特性（ $< 5 \text{kHz}$ ）を備えている。マイクロ熱線の測定原理自体は従来の熱線による壁面センサと同一で、定温度型回路により作動する。なお、本センサの開発と熱の問題を最小化する設計の詳細、製作手法と多数本熱線の試作（図1b）、および層流境界層中での較正とその不確かさについては文献[2]に記されている。

マイクロセンサのせん断応力に関する較正は、乱流境界層中の測定状態で、プレストン管、クラウザー線図法、運動量積分の手法から得られる平均せん断応力に対して行われている。周囲温度を管理し、較正結果から評価された較正曲線の不確かさは $0 \sim 2\%$ である。また、十分な測定精度と空間分解能を確保するために、 $h^+ = 5$ 、 $l^+ < 25$ を満足する範囲で測定が行われている。

実験は、およそ $1000 \leq Re_\theta \leq 6000$ の範囲について行われ、流れ方向の乱れ強さ成分の分布から乱流場を確認した後、平均せん断応力およびレイノルズ数をパラメータとする変動壁面せん断応力分布、および乱れ強さ分布の結果を考察している。全体的な傾向として、 $\tau'_{rms}/\bar{\tau}$ は平均せん断応力とレイノルズ数の減少とともに減少するが、 $Re_\theta \geq 1700$ の範囲ではおよそ 0.36 ± 0.01 の一定値となる（図2）としている。 $Re_\theta \leq 1700$ および $\bar{\tau} \leq 1.7$ の範囲で $\tau'_{rms}/\bar{\tau}$ が減少する分布傾向については、センサの設計・原理に基づいてマイクロセンサの感度あるいは熱慣性の影響ではないと考えられているが、明確な説明はなされていない。

本マイクロセンサは、従来の定温度型熱線流速計システムにより使用可能で多くの特徴を有するため、これまで困難であった領域の変動速度が計測できるメリットは大きい。今後の更なる発展が期待できる。

- (1) Measurement of the turbulent Intensities in a flat plate boundary layer, Mitchell, G., Chernoray, V., Löfdahl, L., Haasl, S., Stemme, G., Proc. Turbulence, Heat and Mass Transfer 4 (2003) 261-268.
- (2) Characteristics of a hot-wire microsensor for time- dependent wall shear stress measurements, Löfdahl, L., Chernoray, V., Haasl, S., Stemme, G., and Sen, M., Experiments in Fluids, 35 (2003) 240-251.

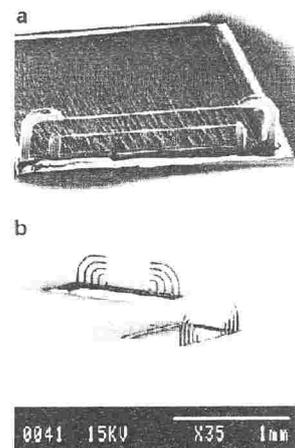


Fig.1 マイクロ熱線の SEM 画像, a 2本熱線, b 5本熱線を 90° に組み合わせたもの

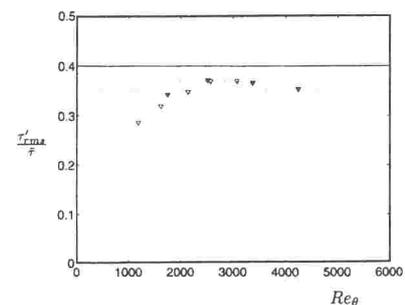


Fig.2 Re_θ 数変化に対するせん断応力の比 $\tau'_{rms}/\bar{\tau}$ の分布

「気泡を含む流れ場のマイクロメカニズムのビジュアライゼーション」に関する研究

福井大学 山本富士夫, 村井 祐一, 協力 大石義彦

気泡を含む流れ場では、単相流に見受けられない種々の現象が起こる。たとえば、実効粘性の非ニュートン流体的な振る舞い、気泡と周囲液体の相対運動に伴う乱れの生成あるいは乱流場中における乱れの抑制、気泡が群をなしているときの気泡間相互作用による二相組織構造の生成、離散浮力分布に起因した逆エネルギーカスケードなどが知られる。また、電場、磁場や化学反応が介在すると、さらに多くの特殊な性質が派生する。これらの現象は、エネルギー、化学、宇宙、電子などの工業分野でしばしば問題となっている。ところが、これらの現象は多数の現象が複合したものであり、流動の予測と制御のためには、個々の現象の素過程を究明する必要がある。この素過程を究明するには、再現性、普遍性について極めて精密に計画された実験と、正確で微視的なビジュアライゼーションが必要となる。この中で、定量的ビジュアライゼーションを実現する PIV (粒子画像流速測定法) は、今日においては、気泡を含む流れ現象の解明において最有力な計測ツールとして世界的に活用され始めた。以下は当研究室における最近の研究例である。

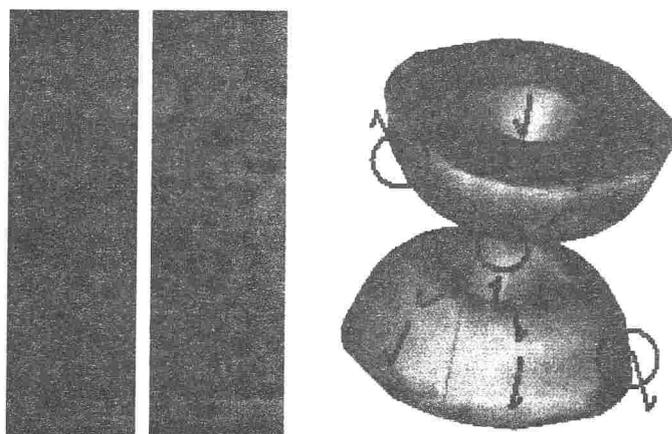


図 1.微小気泡どうしの 3 次元相互作用の 3-D PTV 計測

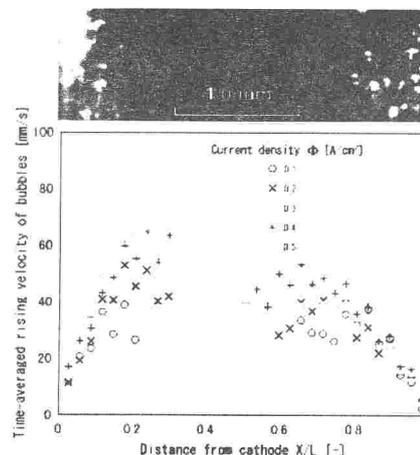


図 2.電気分解浮上流の SF-PIV

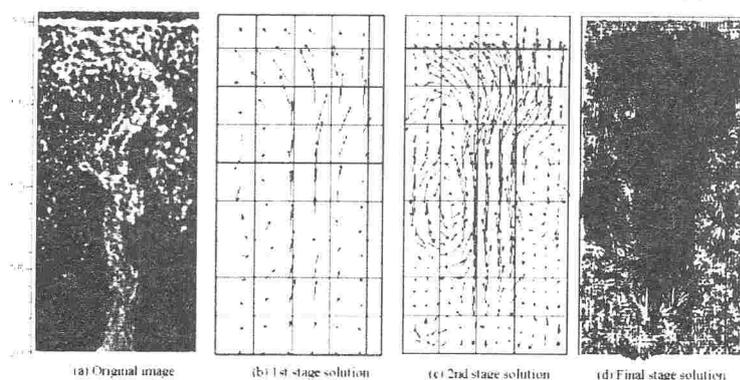


図 3. 気泡ブルームにおける気泡速度場の再帰型 PIV

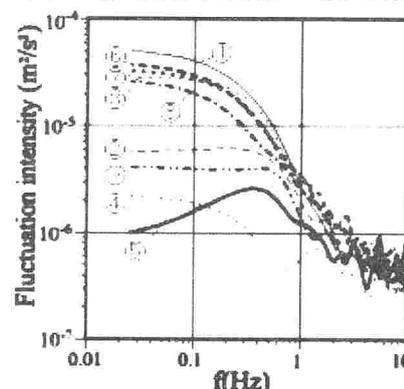


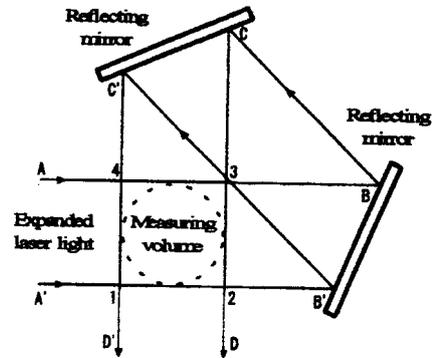
図 4. 気泡速度変動スペクトル

図 1 は 2 台の CCD カメラによる 3-D PTV で、 $Re=1\sim 200$ における気泡群の群内相対運動を計測し統計したものである。 Re 数に依存して吸引・反発に異方性があること、斜め方向には振動があることが判った。図 2 は電気分解における電極間の水素・酸素気泡の浮上速度分布を浅焦点深度による PIV で計測したものである。図 3 は乱流気泡ブルームにおける気泡速度場を再帰型 PIV で計測したもので、図 4 は気泡速度変動の周波数スペクトルを抽出した例である。

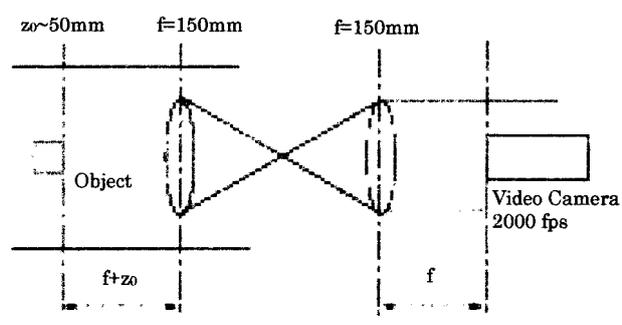
抄録作成者(所属)	植村 知正 (関西大学)
文献題目	Telecentric lenses for imaging in particle image velocimetry: a new stereoscopic approach
著者	R. Konrath, W. Schröder
出典	Experiments in Fluids , Vol. 33-5, (2002.11), pp.703 – 708.
キーワード	double-sided telecentric Lens, high viewing angle, projection distorsion
概要	ステレオ PIV の画像の撮影にテレセントリックレンズを使っている。原論文はリスボンのレーザによる流体計測シンポジウムで 2000 年に発表された。テレセントリックレンズは平行投影像と等価な画像を撮影できるので透視投影歪のない画像が得られる。テレセントリックレンズには 3 種類のものがあるが、この論文では両側タイプについて詳しく説明し、レンズによる透視投影ひずみやのひずみを定量的に計測し検討して、Scheimpflug 配置で撮影しても透視投影歪のない画像が得られることを示している。
要約	管内層流の中心断面の速度分布を 45° 方向から撮影して、透視投影ひずみのない画像が得られ、ひずみ補正無しでも正確に速度分布を計測できた例を示している。また、両側テレセントリックレンズを使うことでステレオ PIV 計測では画像ひずみ以外にも、単純な較正用ターゲットを 1ヶ所で撮影するだけでステレオ較正できると述べている。 円管軸断面上で計測した 2次元速度分布の例を示しているが、ステレオ撮影による 3次元速度分布の計測例は示されていない。また、3C2D ステレオ計測を意識している。 本論文の例では、撮影倍率は 0.1 であり、マイクロ PIV のように拡大撮影する場合の問題点や有用性については触れていない。また、片側テレセントリックレンズの用途や有用性については何も書いていない。

抄録作成者(所属)	植村 知正 (関西大学)
文献題目	Stereoscopic particle image velocimetry using telecentric lenses
著者	Fournel T, Coudert S, Fournier C, Ducottet C
出典	Measurement Science and Technology, 14-4, (2003.4), pp.494-499.
キーワード	stereoscopic PIV, telecentric lens, affine model, mapping function
概要	EUROPIV 2 at Zaragoza (2002) での報告論文。テレセントリックレンズを用いたステレオ計測については 2000 年に Euromech で発表している。テレセントリックレンズを用いたステレオ PIV による 3次元 P I V 計測し簡単な報告。実験データの検討は RMS 誤差を示しているだけ。使用したレンズは $f=230\text{mm}$, $M=0.15$, テレセントリシティ約 0.1° 以下、糸巻型ひずみがある。 $38 \times 25\text{mm}$ の計測領域で面に垂直方向の RMS 誤差は約 $16 \mu\text{m}$ 。
要約	$440 \times 450 \times 900$ の水タンク内の円形噴流 (直径 5mm , $Re=21,000$) の速度を計測し、得られた平均速度の軸方向変化が他の計測例や理論値と合うことを示している。使用したトレーサは $15 \mu\text{m}$ 。 本論文の計測例も 3C2D であり、マイクロ PIV での PTV 計測は意識していない。

抄録作成者(所属)	植村知正 (関西大学)
文献題目	3次元空間粒子計測のための高精度単眼デジタルホログラフィ
著者	村田 滋, 片岡日出男
出典	可視化情報, vol.23, Suppl.2, (2003), pp.49-50.
キーワード	デジタルホログラフィ, 粒子計測,
概要	<p>微小粒子群の3次元位置を精度よく計測する方法を示している。</p> <p>計測領域の微粒子群にレーザー光を入射し、ついで2枚の鏡を使って、今度は前の入射光と直交する方向からもう一度計測領域に入射させる。これを1台のカメラで受けてホログラムをアレイセンサー上に記録すると、2方向から撮ったホログラムが1枚のホログラムとして記録できる。これから再生したそれぞれの粒子群はカメラからの距離で識別できる。</p> <p>この方法を使うと通常のホログラフィや2重露光ホログラフィを撮影する光学系に比べて、非常にシンプルな光学系でステレオホログラムが得られる。</p>

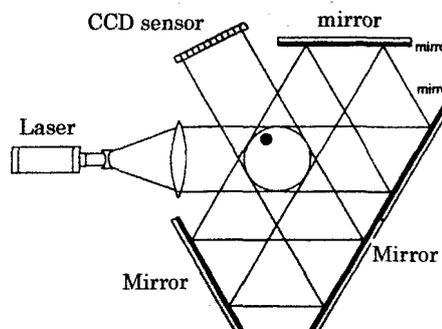


抄録作成者(所属)	植村知正 (関西大学)
文献題目	Development of dynamic digital holographic particle velocimetry
著者	K. Ikeda, K. Okamoto, S. Murata
出典	Proc. 5 th Intl. Symp. PIV, (2003.9), paper 3103
キーワード	Digital holography, Dynamic DHPIV, Pulse laser
概要	<p>口径8mm円形噴流の出口速度を高解像度ビデオカメラとパルスレーザーを用いてデジタルインラインホログラムで撮影し、3次元流れの軸方向と半径方向速度成分を計測している(2C3D)。連続波レーザーをAOMで制御して10μs幅のパルスと、パルスレーザーの100ns幅のパルス幅で照明した場合とを比較して、パルスレーザーの方が明るい画像が撮影できることを示しているが、レーザーの出力不明。</p> <p>実験条件を次に示す。</p>
要	<p>平均速度 1.65m/s, トレーサ (ポリスチレン) 寸法 30μm, レーザ : パルス幅 100ns, 照明時間間隔 420μs, ビデオカメラ : 2000 fps, 1024x1024, 素子 17\times17 μm</p>



抄録作成者(所属)	植村 知正 (関西大学)
文献題目	Digital Holography: A Comparison
著者	Thomas M. Kreis, Mike Adams, Werner P. O. Jüptner
出典	Proc. SPIE vol. 3098, (1997), pp.224-233
キーワード	digital holography, CCD-arrays, Fresnel transform, convolution
概要	<p>微小空間で3次元の流動を計測した例はまだ報告されていないが、ホログラムをビデオカメラで撮影するデジタルホログラフィ技術は3次元マイクロPTVを実現できる能力を備えている。本論文では物体とホログラムの関係を表す次の式の計算法を検討している。</p> $b'(x', y') = \frac{1}{i\lambda} \iint h(\xi, \eta) r(\xi, \eta) \frac{\exp(ik\rho)}{\rho} \cos\Theta d\xi d\eta, \quad \rho = \sqrt{d'^2 + (\xi - x')^2 + (\eta - y')^2}$ <p>$h(\xi, \eta)$は輝度分布ホログラム, $r(\xi, \eta)$は参照光の波面, $\cos\Theta$はホログラム面の法線とホログラムから像点への光線の角度の余弦。この式を数値計算すれば物体データから干渉パターン,あるいはその逆が計算によって求められる。一般的に光学の参考書に出ているFresnel積分は物体とホログラムが近い場合には近似の精度が悪くなる。この論文ではコンボリューション積分によって上式から直接計算する方法が適用範囲が広く,計算能率もよいことが説明されている。再生された波数領域と位相分布を実験結果に即して示している。</p>

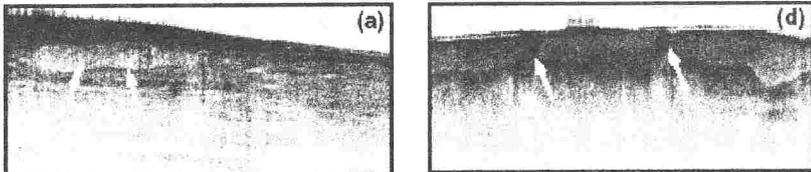
抄録作成者(所属)	植村 知正 (関西大学)
文献題目	Particle size and position measurement with digital holography
著者	Mike Adams, Thomas M. Kreis, Werner P. O. Jüptner
出典	Proc. SPIE vol. 3098, 1997, pp.234-240
キーワード	digital holography, particle measurement, numerical reconstruction, convolution
概要	<p>空間に分散した微粒子のインラインホログラムをCCD上に記録してこれを数値的に再生して,粒子の位置と寸法を計測している。インラインホログラフィは光軸方向の解像度が極めて悪いので,この問題を解決するために,ミラーを使って粒子群に3方向からレーザー光を当てて,それを1台のカメラで記録する巧妙な方法を採用している。それぞれの方向のレーザー光で形成されたホログラムから再生した粒子像はCCDからの距離によって識別している。</p>



抄録作成者(所属)	植村知正 (関西大学)
文献題目	In-line recording and off-axis viewing technique for holographic particle velocimetry
著者	Hui Meng and Fazle Hussain
出典	Applied Optics, vol.34-11, (1995.4), 1827-1840.
キーワード	Off-axis viewing, In-line recording, IROV, SNR improvement, ring vortex
概要	インラインホログラフィにおける強いスペックルノイズの問題と光軸方向の解像度の低さを解決する方法として、再生像を斜め方向から観察する off-axis viewing が有効であることを説明している。この方法はフィルム上にインラインホログラムを記録して、再生した粒子像を斜め方向から観察する。これは主として高周波数のフリンジから再生した画像を観察していることに相当するため、再生像の観察の妨げになるスペックルノイズや強い DC 成分を桁違いに減らせる。良好な SN 比を保てる観察角と記録した距離との関係を示すグラフを示している。実験では光軸に対して 20° の方向から再生像を観察して、有効性を確認している。渦輪の速度計測例あり。
要	

抄録作成者(所属)	植村知正 (関西大学)
文献題目	Development and Applications of Advanced Flow Visualization Techniques for Microscale Heat and Mass Transport
著者	K.D. Kihm
出典	Proceedings of PSFVIP-4, paper F4IP2.
キーワード	Micro-PIV,
概要	微小空間での速度計測のために、光の干渉を利用して液膜厚さを計測する方法や蛍光を利用して 100nm の深さを計測する技術などを説明している。また、高速走査共焦点顕微鏡によって、微小な 3 次元空間を薄い 2 次元面にスライスして可視化できることが紹介されている。管内を進行する気泡の前面と管壁の隙間の流動を計測している。右図は薄い 2 次元平面内での速度計測を積層して 3 次元空間の速度分布を把握する方法を説明している。
要	<p>PIV 画像の例</p> <p>速度分布計測例</p>

抄録作成者(所属)	植村知正 (関西大学)
文 献 題 目	生体の断層映像化法に関する研究
著 者	吉村 武晃
出 典	http://brian.cs.kobe-u.ac.jp/
キーワード	OCT の原理, 生体計測
概	Optical Coherence Tomography (OCT) の原理とその応用についての解説。 「生体の窓」と言われ吸収が小さい波長(0.7~1.5 μm の近赤外光)を利用して 2 種類の生体内部の断層測定法が実現されている。ひとつは拡散光トモグラフィ法(DOT ; Diffusion Optical Tomography)で, 生体を透過した拡散光を検出して映像化する方法で, 数 mm から cm の低解像度であるが, 吸収情報の映像化が実現されている。もうひとつは直進反射光を利用する OCT (Optical Coherence Tomography) で, 生体表皮下 1~2mm の範囲内で数~20 μm の空間分解能の断層イメージが得られる。入射光してから反射して戻ってくる光の中でも散乱子に衝突しない直進光と散乱回数が少ない準直進光を受光して, 光ヘテロダイン検出とコヒーレンス・ゲート法を組み合わせることで検出して映像化する。
要	映像化できる深さは現在のところ数mmオーダーであるが, 眼球の硝子体なら数 cm の深さを映像化可能で, すでに実用化されている。また, 入射光の波形やコヒーレンスに応じて何種類もの反射光の検出方法が開発されている。本手法で得られる画像はマイクロ PIV に利用できる可能性がある。

抄録作成者(所属)	植村知正 (関西大学)
文 献 題 目	Ultrahigh resolution real time OCT imaging using a compact femtosecond Nd:Glass laser and nonlinear fiber
著 者	S. Bourquin, A. D. Aguirre, I. Hartl, P. Hsiung, T. H. Ko and J. G. Fujimoto, T. A. Birks, W. J. Wadsworth, U. Bunting and D. Kopf
出 典	OPTICS EXPRESS, Vol.11-24, (2003.12)pp.3290-3297 www.opticsexpress.org
キーワード	fiber optics,
概	OCT の光学系を光ファイバを用いてコンパクトにし, 超短パルス光を利用して種々の対象の断面を画像化している。 www.lightlabimaging.com でも OCT で得られた種々の動画を見られる。波長 1064nm, パルス幅 100-150 fs(femto-second), 出力 145mW, 繰返し周波数 75MHz. 計測画像の例として幅 2.5mm(500pixel)×深さ 1.2mm の画像を 4 fps の Frame Rate で得ている。図 (a) はハムスターの頬袋の断層画像, (d) は指先の皮膚の構造の画像である。らせん状のものは汗腺である。
要	 <p style="text-align: center;">— 250 μm</p>

抄録作成者(所属)	大島まり・木下晴之
文献題目	Handling of picoliter liquid samples in a poly(dimethylsiloxane)-based microfluidic device
著者	Hosokawa, K., Fujii, T., & Endo, I
出典	Analytical Chemistry, Vol. 71 (1999), pp. 4781-4785.
キーワード	Microfluidic device, Droplet, Hydrophobic microcapillary vent
概要	数ミリサイズの流体デバイス内で、pLサイズの計量された微小液滴を2つ作成し、その2つの液滴を効果的に混合することに成功した。流体デバイス・流路パターンはPDMSを用いたモールドイングにより製作されている。PDMSの疎水性を利用したHMCV (Hydrophobic microcapillary vent)と呼ばれるベントと空気圧を利用して流路内に分離された液滴を作り、さらに空気圧を利用してそれらの液滴を目的箇所へ輸送する。液滴サイズは約600 pL、流路サイズは幅100ミクロン、深さ25ミクロンである。作成した2つの液滴をマイクロ環境下で効果的に混合するために、液滴と液滴を接触させた後、マイクロチャネル内で空気圧を利用して繰り返し往復運動させる。そうすることで液滴内に循環流を作ることができ、混合が促進される。一方の液滴内に蛍光色素を混入させてその蛍光強度を測定することで、液滴の往復運動による混合促進効果を確認した結果、往復運動なしの場合に比べて約6分の1の時間で混合が完了することが確認された。

抄録作成者(所属)	大島まり・木下晴之
文献題目	Droplet formation and manipulation in microfluidic devices
著者	Link, D. R., et al.
出典	Proceedings of NanoTech2003 (2003)
キーワード	Droplet, passive control of droplets, electrostatic charging
概要	圧力駆動流を利用したマイクロ流体デバイス内で、微小液滴を連続的に生成、操作する新しい手法を開発した。オイルで満たされた流路（マイクロチャネル）の中に、水の液滴を生成し、周囲流体（オイル）の圧力駆動流にそって流れる。チャネルを流れてきた水（連続流）は、オイルで満たされたもう一つのチャネルと十字に交差する位置で、同じく圧力駆動で押し出されるオイルに挟まれる形で分断され液滴になる。その後、流路中に配置された障害物に衝突してさらに小さく分断される。流路パターンを効果的に設計することで、液滴サイズをコントロールすることが可能である。また液滴を小さく分断する方法として、T字状に分岐する流路を用いる方法も可能であることを示している。この場合、T字路の流路幅の比率を変えることで液滴サイズをコントロールできる。
要	液敵と液滴を合体させることで液滴サイズを大きくするプロセスも実演している。液滴の界面（水-オイル界面）に電場を加えることで液滴表面を帯電させ、静電力によって液滴同士が引き合って合体する方法を開発し、その様子を観察している。

抄録作成者(所属)	大島まり・木下晴之
文献題目	3-D imaging of moving droplets for microfluidics using optical coherence tomography
著者	Srinivasan, V., Pamula, V., Rao, K. D., Pollack, M., Izatt, J. A., & Fair, R.
出典	Proceedings of MicroTAS2003, Vol. 2 (2003), pp. 1303-1306.
キーワード	Optical coherence tomography, Microdroplet, 3-D imaging
概要	<p>Optical coherence tomography (OCT)と呼ばれる光学的な干渉を利用した3次元可視化手法を利用して、微小液滴内部の流れの様子を可視化した。観察対象は、マイクロチャンネル内に配置された微小液滴である。流路内にはシリコンオイルが充填されており、その中に可視化のためにスキムミルクの液滴、または水とビーズ（直径1マイクロン）の混合液の液滴が配置されている。チャンネルの上下壁面には電極がパターンニングされており、その電極に印加することで、液滴には Electro-wetting という現象が発生する。Electro-wetting により液滴の接触角は変化する。その様子を観察、角度の測定を行っている。また Electro-wetting により液滴内部に流れが発生する。さらに Electro-wetting を利用して液滴を輸送することが可能である。このような液滴の形状の変化や液滴内部の流動を、OCTによって可視化している。OCTを用いることで液滴の断面観察が可能となり、流路内を移動する液滴内部の流れを知ることができた。</p>

抄録作成者(所属)	大島まり・木下晴之
文献題目	In vivo imaging of quantum dots encapsulated in phospholipids micelles
著者	Dubertret, B., et al.
出典	Science, Vol. 298 (2002), pp. 1759-1762
キーワード	Nanocrystal, Quantum dot, In vivo imaging
概要	<p>ナノサイズの半導体結晶であるナノクリスタル（量子ドット、以下 QD）をマーカー（トレーサ）として利用して、生体外（In vitro）と生体内（In vivo）の両方における生体物質の観察・撮影に成功した。QD は 10 nm から 15 nm の大きさを持ち、従来の誘起蛍光物質や蛍光タンパクに比べて有利な長所（蛍光退色が遅く長時間の観察・検出が可能である。極めて明るい。多様な検出光。生体適合性が良く毒性が低い。生体内で安定である。）を持つため、より効果的な生体内での現象観察を実現できる。生体外観察の例として、DNA と QD を結合させて蛍光観察することで蛍光標識としての有効性を示した。また生体内観察として、カエルの胚細胞に QD を注入し、胚細胞からオタマジャクシまでの経時変化を撮影することに成功した。その結果、QD は生体内でも安定に、毒性も蛍光退色もなく、明瞭に観察できることが確認された。</p>

抄録作成者(所属)	大島まり・木下晴之
文献題目	Dielectrophoretic liquid actuation and nanodroplet formation
著者	Jones, T. B., Gunji, M., Washizu, M., & Feldman, M. J.
出典	Journal of Applied Physics, Vol. 89 (2001), pp. 1441-1448.
キーワード	Dielectrophoresis, nanodroplet, Coplanar electrode
概要	誘電体液体（例えば水のような分極性を持つ液体）に不均一な電界を加えると、液体の内部での分極により、液体は電界のもっとも強い領域に引き寄せられる。この現象は誘電泳動(dielectrophoresis: DEP)と呼ばれる。DEPを利用すると、電極のパターンニングだけでマイクロ流体デバイス内に微小液滴の生成・輸送システムを作ることができることを示した。マイクロピペットで電極上に微小液滴（マイクロリットルサイズ）を配置し、その後電極や電圧のコントロールによって微小液滴を輸送し、さらに最小7nLの液滴に分離することができる。DEPを用いることで非常に高速な液滴操作が可能である。例えば液滴生成に要する時間は0.1秒以下、電極上を移動する液体の移動速度は5 cm/sを超えるほどである。DEPでは流体を電圧駆動しているため、印加によるジュール熱の発生が温度変化や蒸発を引き起こすことが問題となる。したがって実際のデバイスへの応用を考えた場合、高速液滴操作はジュール熱を抑制する上で重要な特徴である。

抄録作成者(所属)	大島まり・木下晴之
文献題目	Microchannel array flow analyzer for measurement of whole blood rheology and flow characteristics of leukocytes activated by bacterial stimulation
著者	Kikuchi, Y., Fujieda, S., & Kikuchi, H. E.
出典	Proceeding of SPIE, Vol. 2978 (1997), pp. 165-171
キーワード	Microchannel array, blood rheology, erythrocyte deformability
概要	アレイ状に配置されたマイクロチャンネル内に血液を流して、一定流量が通過するまでの時間を測定することで、血液のレオロジー特性を評価している。流路に用いたデバイスは、シリコン基板上にフォトリソグラフィで微小な溝を作成し、その溝にガラスを圧着することで作られる。流路抵抗が大きくなりすぎるのを防ぐために、テスト部（観察部）以外の流路は深く掘り下げられている。テスト部の流路幅は6~8ミクロンで、赤血球の大きさよりも小さい。しかし赤血球はその変形能によって、自身よりも狭い流路を流れることができる。テスト部での血液の流れる様子は顕微鏡とビデオカメラによって撮影された。通常の健常者からヘパリン採血した全血を流路に流すと、一定速度で円滑に通過する。ところが白血球、血小板が活性化された場合、著しい流路障害を起こし、全流量が通過するのに要した時間は通常の血液より長くなることが確認された（例えば白血球が大腸菌に暴露された場合）。

抄録作成者(所属)	大島まり
文献題目	A particle image velocimetry system for microfluidics
著者	Santiago, J. G., Wereley, S. T., Meinhart, C. D., Beebe, D. J. and Adrian, R. J.
出典	Experiments in Fluids, Vol.25(1998), pp.316-319
キーワード	Microfluidic device, Micro PIV
概要	<p>マイクロ流体デバイス内の流動現象に対して、瞬時速度場とアンサンブル平均の速度場計測を行うためにマイクロ PIV システムの開発を行っている。マイクロ PIV システムとしては Intensified CCD カメラを用いて撮影しており、速度ベクトル場に対して $6.9 \times 6.9 \times 1.5 \mu\text{m}$ の空間分解を持つ。速度ベクトル場は濃度相関法により求められている。マイクロ PIV システムを Hele-Shaw 流れに適用し、$120 \mu\text{m} \times 120 \mu\text{m}$ の視野領域内に置かれた直径 $30 \mu\text{m}$ の円柱形状を持つ障害物周りの流れの可視化計測を行った。レイノルズ数は 3×10^{-4} で、ストークス流れとなっている。また、トレーサ粒子の大きさが $100 \sim 300 \text{ nm}$ と小さいため、ブラウン運動の影響について検討を行ったところ、影響は小さくアンサンブル平均に速度ベクトルを求めている。</p>

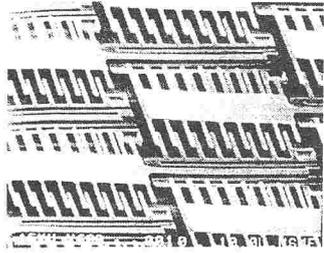
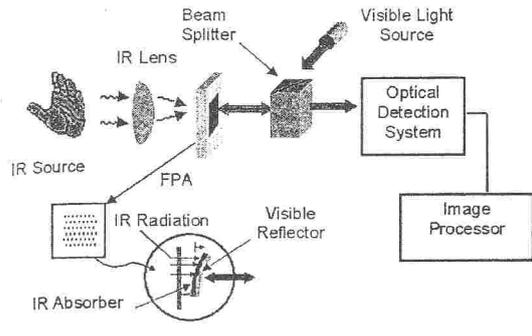
抄録作成者(所属)	大島まり
文献題目	PIV measurements of a microchannel flow
著者	Meinhart, C. D., Wereley, S. T. and Santiago, J. G.
出典	Experiments in Fluids, Vol. 27 (1999), pp.414-419.
キーワード	Micro Channel, Micro PIV, Depth of Focus
概要	<p>マイクロ PIV システムとしては、照明系にはパルス Nd: YAG レーザを、光学系には倒立型顕微鏡、撮影系には冷却型 CCD カメラを用いている。計測には $30 \mu\text{m} \times 120 \mu\text{m} \times 25 \mu\text{m}$ のガラスの Wilmad Industries 社によるマイクロチャネルを用いており、$170 \mu\text{m}$ のカバーガラスでふたをしている。トレーサ粒子は粒径 200 nm であり、本システムの空間解像度は $13.6 \mu\text{m} \times 0.9 \mu\text{m} \times 1.8 \mu\text{m}$ である。顕微鏡の被写界深度 δ_z は、回折および光学系の幾何的形狀の影響により決まり、次式で表される。</p> $\delta_z = \frac{n\lambda}{NA^2} + \frac{ne}{MNA}$ <p>ここで、n は屈折率 ($=1.515$)、λ は真空中の蛍光の波長 ($\sim 560 \text{ nm}$)、NA は対物レンズの開口率、M は拡大率、e は image detector の解像できる最小距離である。本システムでは δ_z は約 $0.6 \mu\text{m}$ となる。</p> <p>しかし、実際のマイクロ PIV システムでは上式をそのまま用いるのは適切ではなく、実際に顕微鏡を光軸方向に移動させて、粒子の焦点の合わなくなる距離を調べる必要がある。このような方法により被写界深度は $\delta_z = 1.8 \pm 0.5 \mu\text{m}$ と予測できる。</p>

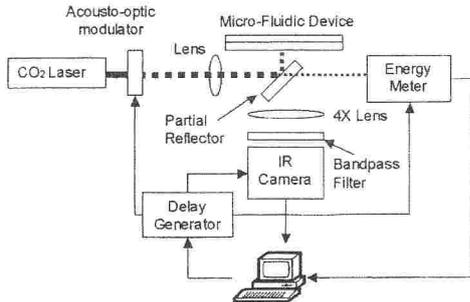
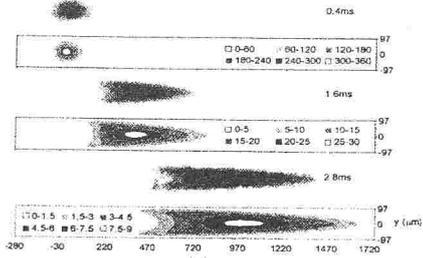
抄録作成者(所属)	大島まり
文献題目	Volume illumination for two-dimensional particle image velocimetry
著者	Meinhart, C. D., Wereley, S. T. and Gray, M. H. B.
出典	Measurement Science and Technology, Vol.11(2000), pp.809-814.
キーワード	Micron PIV, Depth of Focus
概要	<p>マイクロ PIV では、光源はシートとして照明するのではなく、ボリューム照明となる。このため、顕微鏡の光学的な影響に決まる被写界深度 (the depth of field) ではなく、撮影系の光学的な影響も加味した計測深度(the measurement depth)を考える必要がある。したがって、マイクロ PIV システムにおいて論理的に計測深度を導くには、1) 回折の影響、2) 光学系の幾何学的形状の影響、3) 粒子の影響、以上の3種類の影響を考慮する必要がある。ここで、粒子の影響については強度が 1/10 になった時に焦点が合わなくなったとしている。以上より、マイクロ PIV における計測深度の理論式は次式となる。</p>
	$\delta_z = \frac{3n\lambda}{NA^2} + \frac{2.16d_p}{\tan\theta} + d_p$ <p>ここで、n は屈折率、λは真空中の蛍光の波長、NA は対物レンズの開口率、d_p はトレーサ粒子の直径となる。</p> <p>式(3.1)の妥当性を評価するために、ダブルパルスの Nd:YAG レーザ、1300 x 1030 pixel x12bit の冷却型 CCD カメラを用いて実験を行った。上式の検証には、トレーサ粒子の粒径が 200nm と 1.0 μm、NA が 1.4 と 0.6 である顕微鏡を用いている。実験結果による計測深度は 1.75mm から 10.6mm となり、理論式(3.1)と良好な一致を示し、式(3.1)の妥当性が証明された。</p>

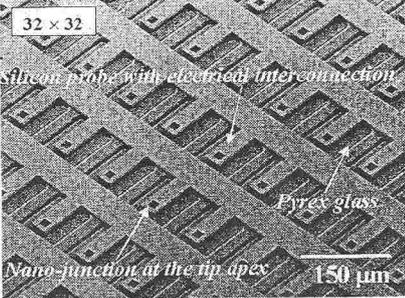
抄録作成者(所属)	大島まり
文献題目	High-speed 1-frame/ms scanning confocal microscope with a microlens and Nipkow disks
著者	Tanaami, T., Otsuki, S., Tomosada, N., Kosugi, Y., Shimizu, M. and Ishida, H.
出典	APPLIED OPTICS, Vol.41(2002), pp.4704-4708.
キーワード	Confocal Microscope
概要	<p>従来の共焦点顕微鏡は、スキャン速度が遅かったために高速度の計測を行うことができなかった。そこで、通常用いられた Nipkow 共焦点顕微鏡に対して、ピンホールの列を持つディスク (Nipkow Disk) とマイクロレンズの列を持つディスク (Microlens Disk) を組み合わせることにより、高速でスキャンすることのできる共焦点顕微鏡を開発した。その結果、本システムは従来の共焦点顕微鏡と比較して 10-1000 倍でスキャンすることが可能となり、1 フレーム/ms であるため高速度計測への適用が可能となった。ラットの細胞内の正カルシウムイオンの変化に適用し、高速現象の計測に成功している。</p>

抄録作成者(所属)	大島まり
文献題目	Visualization of convective mixing in microchannel by fluorescence imaging
著者	Sato, Y., Irisawa, G., Ishizuka, M., Hishida, K. and Maeda, M.
出典	Measurement Science and Technology, Vol. 14(2003)., pp.114-121.
キーワード	Dielectrophoresis, Droplet
概要	誘電体液体（例えば水のような分極性を持つ液体）に不均一な電界を加えると、液体の内部での分極により、液体は電界のもっとも強い領域に引き寄せられる。この現象は誘電泳動(dielectrophoresis: DEP)と呼ばれる。DEPを利用すると、電極のパターンニングだけでマイクロ流体デバイス内に微小液滴の生成・輸送システムを作ることができることを示した。マイクロピペットで電極上に微小液滴（マイクロリットルサイズ）を配置し、その後電極や電圧のコントロールによって微小液滴を輸送し、さらに最小7 nLの液滴に分離することができる。DEPを用いることで非常に高速な液滴操作が可能である。例えば液滴生成に要する時間は0.1秒以下、電極上を移動する液体の移動速度は5 cm/sを超えるほどである。DEPでは流体を電圧駆動しているため、印加によるジュール熱の発生が温度変化や蒸発を引き起こすことが問題となる。したがって実際のデバイスへの応用を考えた場合、高速液滴操作はジュール熱を抑制する上で重要な特徴である。

抄録作成者(所属)	大島まり
文献題目	Spatially averaged time-resolved particle-tracking velocimetry in microspace considering Brownian motion of submicron fluorescent particles
著者	Sato, Y., Inaba, S., Hishida, K. and Maeda, M.
出典	Experiments in Fluids, Vol. 35 (2003), pp.167-177.
キーワード	Brow
概要	<p>マイクロPIVでは粒子のブラウン運動の影響を相殺するため、通常アンサンブル平均を用いている。本手法では、ブラウン運動の影響を考慮して時間解像度の向上を図った Spatially averaged time resolved PTV (SAT-PTV) の開発を行っている。-</p> <p>装置には、656X494の解像度を持つ12 bitの冷却型CCDカメラ(Hmamastu Photonics, C4880-80)を用いている。対物レンズは60倍の油浸型(Nikon)で開口率は1.4である。計測領域は109 μm x 82.3 μmであり、空間解像度は6.7 μm x 6.7 μm x 1.9 μmとなる。実験に用いたマイクロチャネルは100 μm x 40 μmである。粒子は、直径200 nm, 400nm, 1,000 nmを用いた。</p> <p>一般にマイクロチャネル内の流れにおいては、レイノルズ数が小さく定常流れを扱うことが多いため、ブラウン運動の影響はアンサンブル平均をとることにより回避することができる。しかし、2時刻での検査窓内のトレーサ粒子の分布がブラウン運動により変化する場合、あるいはブラウン運動と粒子の流れによる変位のRMS値が近い場合には、ブラウン運動の影響を考慮する必要がある。SAT-PIVでは、interrogated like super-resolution PIVのように2時刻における粒子の移動距離は拡散によるブラウン運動の変位より大きいため、PIVの検査窓内においてPTVによる速度ベクトルを平均化することにより、時間方向の解像度の向上を図っている。本手法をモンテカルロシミュレーションにより、擬似的に作られた粒子画像画像に用いて妥当性の評価を行った。実際に5Hzで振動しているマイクロチャネル内の流れに適用した。検査窓内が10ベクトル以下の場合に、空間解像度を損ねることなく最も効果的であることが検証された。SAT-PTVにより脈動する流れを時間方向に計測することが可能となった。</p>

抄録作成者(所属)	木村元昭 (日本大学)
文献題目	Optomechanical Uncooled Infrared Imaging System: Design, Microfabrication, and Performance
著者	Zhao, Y., Mao, M., Horowitz, R., Majumdar, A., Varesi, J., Norton, P., & Kitchig, J.
出典	J. Microelectromechanical Systems, Vol. 11, No.2, (2002), pp. 136-146.
キーワード	Focal-plane array (FPA), infrared, interdigitated fingers, microcantilever array
概要	赤外線吸収と熱力学変換に適した Au/SiNx 製、バイメタル片持ち梁状画素の焦平面アレイ (FPA) で構成された非冷却マイクロオプトメカニカル赤外線画像システムの設計、製造および性能が示されている。システムは FPA 内の片持ち梁のひずみ測定と可視光 CCD イメージャー上へのひずみ地図の投影が同時に行える。赤外線画像結果より本システムの精度は 3-5 K、ノイズは 1 K 程度である。また、理論的にはノイズは 3 mK 以下になる。FPA は 50 × 70 画素で構成されており、バイメタル片持ち梁は 200 × 3 × 2 μm である。
要	  <p>Fig. 1. Schematic diagram of the uncooled optomechanical infrared imaging system.</p>

抄録作成者(所属)	木村元昭 (日本大学)
文献題目	Infrared Thermal Velocimetry in MEMS-Based Fluidic Devices
著者	Chung, J., Grigoropoulos, P. C., & Greif, R.
出典	J. Microelectromechanical Systems, Vol. 12, No.3, (2002), pp. 365-372.
キーワード	Diagonostics, flow measurement, micro-DPIV, microfluidic device
概要	赤外線を透過するシリコンを利用して、MEMS で製作された流体デバイス内の速度を計測するための赤外線流速計が開発された。この方法は、流れている液体に、短時間加熱パルスを与えるために赤外線レーザーを用いるものである。加熱された液体流動から放射される画像を赤外線カメラで記録し、その速度が連続する赤外線画像として得られる。シリコンマイクロチャネル内で 1cm~1m/s の速度が計測された。
要	  <p>Fig. 9. Sequential infrared images at average velocity of 330 μm/s obtained from both numerical simulations and experiments. The experimental data are obtained from Fig. (2b). The scale of radiative intensity changes with time and is arbitrary.</p>

抄録作成者(所属)	木村元昭 (日本大学)
文献題目	Microprobe array with Electrical Interconnection for Thermal Imaging and Data Storage
著者	Lee, D. W., Ono, T., Abe, T., & Esashi, M.
出典	J. Microelectromechanical Systems, Vol. 11, No.3, (2002), pp. 215-221.
キーワード	Data storage, electrical interconnection, microprobe, nano-heater, thermal imaging
概要	チップ上に 32×32 の金属ナノジャンクションアレイを製作する方法が確立された。プローブは AlN アクチュエータ、ピラミッド状 SiO ₂ 上にナノスケールの金属-金属ジャンクションが自己整列技術により形成されている。ナノジャンクションはサンプル表面の局部温度を測定するナノ熱電対として使用したり、対象物に局部熱変形を与えるナノ加熱器として使用することができる。プローブ直径が 1 μm 程度の場合、熱的な時定数は 18 μs であった。少量の電流で 1000℃以上の加熱が可能であり、GeSbTe 上への局所加熱の場合の書き込み寸法は 100 nm 以下である。
要	

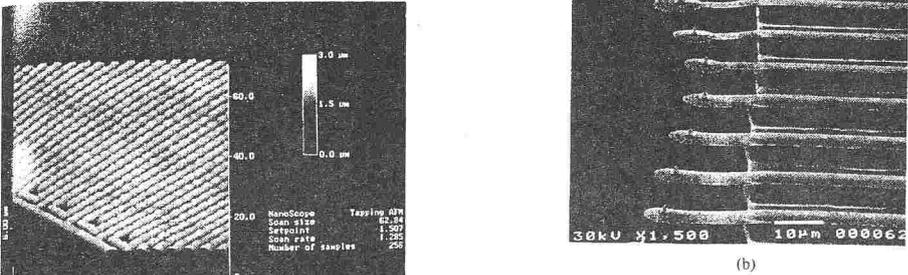
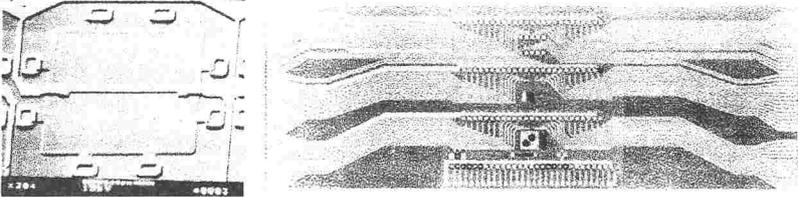
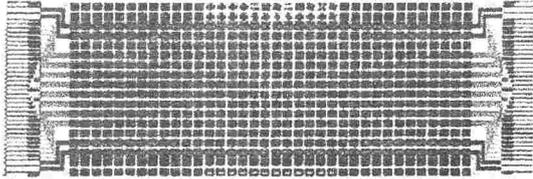
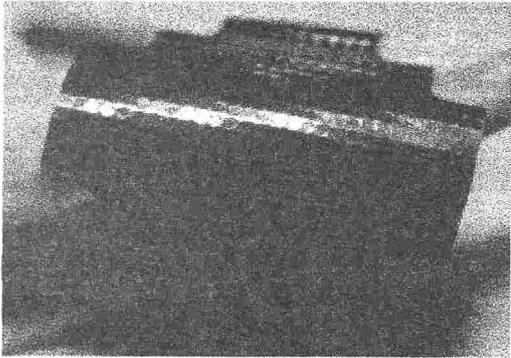
抄録作成者(所属)	木村元昭 (日本大学)
文献題目	Microfabricated Small Metal Cantilevers with Silicon tip for Atomic Force Microscopy
著者	Chand, A., Viani, M. B., Schaffer, T. E., & Hansma, P. K.
出典	J. Microelectromechanical Systems, Vol. 9, No.1, (2000), pp. 112-116.
キーワード	AFM, integrated silicon tips, metal cantilevers, Microfabricated AFM probes
概要	微小カンチレバーによる原子核力顕微鏡が高共鳴周波数により走査速度が改善され低ノイズが実現される。集積シリコンチップによる微小金属カンチレバー製作する新たな方法が確立された。このプロセスは長さ 13-40 μm、幅 5-10 μm、厚さ 100-160nm の金製のカンチレバーを用いる方法である。ばね定数は 0.2-4N/m、共鳴周波数は 168-503 kHz のカンチレバーが製作された。左図はカンチレバーを 350 kHz で振動させ、1.285lines/s で走査した場合の 256
要	<p>×256 画素のイメージである。</p> 

Fig. 4. (a) Effect of additional 30 s RTA at 300 °C. (b) Close-up of the cantilevers after RTA at 300 °C for 60 s.

抄録作成者(所属)	木村元昭 (日本大学)	
文献題目	A Surface-Micromachined Shear Stress Imager	
著者	Jiang, F., Tai, Y. C., Gupta, B., Goodman, R., Tung, S., Huang, J. B. & Ho, C. M.	
出典	Proceedings, IEEE Micro Electro Mechanical Systems Workshop, (1996), pp. 110-115.	
キーワード	MEMS, surface shear stress, turbulent flow	
概要	<p>IC 製造技術を用いて熱膜式マイクロせん断応力イメージチップが開発された。1つのセンサは $200 \times 200 \mu\text{m}$ の正方形であり、隣り合うセンサの中心間隔は $300 \mu\text{m}$、各センサ本体は長さ $150 \mu\text{m}$、幅 $3 \mu\text{m}$、厚さ $0.45 \mu\text{m}$ の線状で、厚さ $1.2 \mu\text{m}$ の窒化シリコン板上に位置している。1列に25個のせん断応力センサが並ぶ列が3列、1列に5個のセンサが並ぶ列が2列の計85個のセンサ群から構成されている。各センサはブリッジ回路に接続されており、単独あるいは同時に複数のセンサを作動させることが可能である。複数のセンサを用いる場合は、流れと直角な1列25個のセンサ列を用いることで幅75mm幅の壁面せん断応力分布の時系列変化を計測することができる。また、3行25列あるいは4行5列の行列状のセンサ群を用いることで、</p>	
要	<p>壁面せん断応力の平面分布の時系列変化を測定することができる。</p>	

抄録作成者(所属)	木村元昭 (日本大学)	
文献題目	A Flexible MEMS Technology and Its First Application to Shear Stress Sensor Skin	
著者	Jiang, F., Tai, Y. C., Walsh, K., Tsao, T., Lee, G. B. & Ho, C. M.	
出典	MEMS-97, Nagoya Castle, Japan, (1997)pp.465-470.	
キーワード	MEMS, flexible polyimide skin	
概要	<p>フレキシブル・ポリイミド膜に MEMS 集積デバイスが曲面に装着可能な新しい MEMS 製造技術が開発された。MEMS や電子回路デバイスが構成されている硬質なシリコン製の独立した多数の島が $1 \sim 100 \mu\text{m}$ の範囲で厚みを変化させた柔軟なポリイミドフィルムでサンドイッチすることによりフレキシブル膜は構成されている(右図)。 $30 \times 10\text{mm}$ に約 100 の熱膜式せん断応力センサが集積されている。曲面上に本センサを貼り付けることでその曲面に沿った壁面せん断応力の2次元データが時系列で取得することができる。</p>	
要		

抄録作成者(所属)	杉井 康彦 (東京大学)
文献題目	Optical bioimaging: From living tissue to a single molecule: Imaging and functional analysis of blood flow in organic microcirculation
著者	Minamitani H, Tsukada K, Sekizuka E, Oshio C
出典	J. PHARMACOLOGICAL SCIENCES, 93 (3): 227-233, 2003
キーワード	microcirculation, erythrocyte deformability, hemostasis, active oxygen, image analysis
概要	<p>微小循環における赤血球, 白血球, 血小板の役割は, 生体顕微鏡や共焦点顕微鏡を用いた蛍光観察法などによって観察した。血流のダイナミクスは, 主としてラットの腸間膜, 脳, 肝臓で観察した。得られた結果から, 糖尿病の赤血球の変形能が, 特に高せん断領域で, 健全な赤血球のそれに比べて, 非常に低いことがわかった。糖尿病の赤血球では, 弾性係数が明らかに硬くなり, 毛細血管内での変形を困難にする。出血性のショックや血栓症下では, 脳や肝臓において血流速度や酸素分圧の減少が観察された。微小血管における血小板粘着や血栓の形成が加速された。活性酸素が白血球の付着を同時に血栓形成に関わることがわかった。</p>

抄録作成者(所属)	杉井 康彦 (東京大学)
文献題目	Relationship between erythrocyte aggregate size and flow rate in skeletal muscle venules
著者	Bishop JJ, Nance PR, Popel AS, Intaglietta M, Johnson PC
出典	AMERICAN J. PHYSIOLOGY-HEART AND CIRCULATORY PHYSIOLOGY, 286 (1): H113-H120, 2004
キーワード	venous vascular resistance, in vivo blood rheology, in vivo microscopy, red blood cell aggregation
概要	<p>これまでに, 著者らは, Dextran 500 の静脈注射によって, 細静脈での低せん断領域において赤血球の速度分布がなまることを示した。この速度のなまりが赤血球凝集の形成に関係するかを調べるため, ヘマトクリットが20%以下の静脈流において, 高速度カメラと画像処理によって流跡線の長さを計測した。Dextran 500 の静脈注射と同様に, 凝集の無い状態でせん断速度を変化させて計測を行った。通常状態では, 流跡線の長さは流れ方向に 6.5μm, 軸方向に 6.1μm であり, これまでに発表された文献値と良い一致を示した。Dextran 500 の静脈注射後では, 流跡線の長さは流れ方向に 8.7μm, 軸方向に 10.4μm と著しく増加した。血流分布は, 通常状態と Dextran 投入後の両方で管中央で広がり, 流量が低い時には, Dextran 投入後が速くなった。</p>

抄録作成者(所属)	杉井 康彦 (東京大学)
文献題目	Direct measurement of erythrocyte deformability in diabetes mellitus with a transparent microchannel capillary mode and high-speed video camera system
著者	Tsukada K, Sekizuka E, Oshio C & Minamitani H
出典	Microvascular Research, Vol. 61 (2001), pp. 231-239.
キーワード	Erythrocyte, Deformability, Microchannel, Diabetes mellitus, HbA1c
概要	<p>赤血球の変形能を <i>in vitro</i> で計測するため、マイクロチップを用いた <i>in vitro</i> 実験を行った。幅 $9.1\mu\text{m}$、深さ $5.3\mu\text{m}$ のマイクロチャンネルに赤血球を流し、200 倍の倍率で II 付き高速度カメラ (1000Hz) で撮影した。得られた画像を解析して得られる変形指標と血球速度、HbA1c などのパラメータとの関係を調べた。糖尿病の赤血球の変形指数は、健全な赤血球のそれより、有意に低くなった。この結果から、糖尿病の赤血球の変形能の低下が、粘度の増加と血管壁にかかるせん断応力の増加を引き起こすものと考えられる。</p>

抄録作成者(所属)	杉井 康彦 (東京大学)
文献題目	Effect of erythrocyte aggregation on velocity profiles in venules
著者	Bishop J J, Nance P R, Popel A S, Intaglietta M and Johnson P C
出典	<i>Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol.</i> , 280 H222-H236, 2001
キーワード	venous resistance, blood constitutive equation, <i>in vivo</i> blood viscosity, <i>in vivo</i> fluorescence microscopy, wall shear stress
概要	<p>最近の猫の筋肉を用いた研究によって、細動脈の圧力の現象に見られる細動脈の抵抗増加が、赤血球の凝集無しに灌流させた場合に、解消されることが示された。このメカニズムを調べるため、赤血球凝集が <i>vivo</i> の流れのパターンおよび低せん断領域での赤血球速度の減少を引き起こすかを調べた。蛍光ラベルした赤血球をゲート付イメージ・インテシファイアーカメラ用いて、ラットの筋肉の管径が $45\text{--}75\mu\text{m}$、管中央での速度が $0.3\text{--}14\text{ mm/s}$ の細静脈の速度分布を、通常状態と Dextran 500 の投与による赤血球の凝集状態で計測した。速度分布は、この流量の範囲で赤血球の凝集が無い状態で、ポアズイ流の 2 次曲線に近かった。赤血球の凝集が有る場合には、速度分布は、高せん断では 2 次曲線に近く、低せん断では著しく鈍った。</p>

抄録作成者(所属)	杉井 康彦 (東京大学)
文献題目	Determination of red blood cell velocity by shuttering and image analysis
著者	Parthasarahi A A, Japee S A and Pittman R N
出典	<i>Ann. Biomed. Eng.</i> 27 313-325, 1999
キーワード	fluorescence, microscopy, RBC flow conservation, single RBC tracking, RBC velocity profiles
概要	<p>赤血球の速度を求めるために、ビデオ画像法の修正を行った。従来の2つのフレーム処理では、求めることができる <i>in vivo</i> で最大速度が約 2 mm/s との制限があった。本手法は、最大速度を 20 mm/s まで拡張できる。赤血球は、蛍光染料で染色して、ハムスターの微小血管内の血流速度計測に用いた。In vitro で蛍光粒子を塗布した回転円盤を用いてキャリブレーションを行い、その分散が 6% であった。この手法は、管径が 8-50 μm の血管に適用できる。得られた平均速度分布は、ポアズイユ流の分布に比べ、なまったものとなった。</p>

抄録作成者(所属)	杉井 康彦 (東京大学)
文献題目	Prototype of an <i>in vitro</i> model of microcirculation
著者	Shevkoplyas S S, Gifford S C, Yoshida T, Bitensky M D
出典	<i>Microvascular Research</i> 65 132-136, 2003
キーワード	Microcirculation, red blood cell, white blood cell
概要	<p>微細加工技術を用いて、微小循環の構造を模倣したマイクロチャンネルネットワークを作成した。赤血球と白血球を流し、高速度カメラを用いて流れ場を可視化し、赤血球濃度と赤血球の運動を求めた。パラシュート形などへの赤血球の変形やプラズマ層などの微小循環内における特徴を観察できた。</p>

抄録作成者(所属)	杉井 康彦 (東京大学)
文献題目	Image correlation method for measuring blood flow velocity in microcirculation: correlation 'window' simulation and <i>in vivo</i> image analysis
著者	Tsukada K, Minamitani H, Sekizuka E and Oshio C
出典	<i>Physiol. Meas.</i> 21 , 459-471, 2000
キーワード	microcirculation, image correlation method, erythrocyte, velocity, profile, hypertension
概要	<p>微小循環の役割を明らかにするため、微小血管内の速度分布を求めることは重要である。画像相関法による自動的な血流速度計測法を開発した。画像相関法における窓は、他の計測法と同等である。仮想血流画像を用いて、最適な窓の形と大きさを検討した。赤血球の大きさまで円形の窓の大きさを小さくして、高精度で血流速度を求めることができることがわかった。高速度カメラを用いて、通常のラットと高血圧症のラットの微小血管内の速度の計測を行った。高血圧症のラットでは、通常のラットより速い血流速度を示した。</p>
要	

抄録作成者(所属)	杉井 康彦 (東京大学)
文献題目	Numerical simulation of the flow-induced deformation of red blood cells
著者	Pozrikidis C
出典	<i>Annals of Biomedical Engineering</i> , Vol.31, pp.1194-1205, 2003
キーワード	Red blood cells, Flow-induced deformation Cell membrane
概要	<p>流体による赤血球の変形を調べるため、理論モデルを構築した。血球は、変形可能な液体が膜によって閉じこまれており、せん断力によって変形し、膜が流れによって回転する。数値計算の結果は、実験結果と良い一致を示している。せん断速度や膜の強さなどを変化させて、血球の変形や血球を分散させて流体の粘度を調べた。</p>
要	

抄録作成者(所属)	杉井 康彦 (東京大学)
文献題目	Erythrocyte and leukocyte dynamics in the retinal capillaries of diabetic mice
著者	Tadayoni R, Paques M, Gaudric A, Vicaut E
出典	<i>Experimental Eye Research</i> , 77 pp.497-504, 2003
キーワード	Diabetic retinopathy, microcirculation, retinal blood flow
概要	網膜の毛細血管内の赤血球と白血球のダイナミクスを調べるために、糖尿病と正常、8週と18週と年齢が異なるマウスを用いて蛍光顕微鏡下での染色した血球の運動を計測した。8週のマウスでは、糖尿病と正常のマウスによって赤血球速度と白血球速度に大きな違いは無かった。18週のマウスでは、糖尿病のマウスの赤血球速度が正常のものに比べて著しく高かったが、白血球速度には違いが見られなかった。
要	

抄録作成者(所属)	杉井 康彦 (東京大学)
文献題目	Parallel Microchannel-Based Measurements of Individual Erythrocyte Areas and Volumes
著者	Sean C. Gifford, Michael G. Frank, Jure Derganc, Christopher Gabel, Robert H. Austin, Tatsuro Yoshida, and Mark W. Bitensky
出典	<i>Biophys. J.</i> 84 623-633, 2003
キーワード	Red blood cell, microchip, Erythrocyte analyzer
概要	赤血球の表面積と体積を調べるため、マイクロチップを用いた手法について述べた。単独の赤血球をマイクロピペットで吸い出すのと同様に、マイクロチャンネルを用いて分離することができた。数千のマイクロチャンネルを持つマイクロチップによって、赤血球の迅速な分離を行い、血球の膜の構造を調べることができる。蛍光標識によって、多数の血球の表面積と体積を計測することができる。
要	

抄録作成者(所属)	杉井 康彦 (東京大学)
文献題目	Erythrocyte flow and elasticity of microvessels evaluated by marginal cell-free layer and flow resistance
著者	Maeda, N., Suzuki, Y., Tanaka, J., Tateishi, N.,
出典	Am. J. Physiol. 271, H2454-H2461, 1996
キーワード	microcirculation, erythrocyte deformability, erythrocyte aggregation, rabbit mesentery, dextran
概要	人間の赤血球のダイナミクスを内径 10-40 μm の 2 種類の微小血管を用いて調べた。プラズマ層の厚さと流動抵抗をうさぎの腸間膜の微小循環で計測を行った。両方の血管において、プラズマ層の厚みは、血管径の増加およびヘマトクリット減少によって増加した。プラズマ層の厚みのヘマトクリット依存性は、硬い血管よりやわらかい血管の方が大きい。流動抵抗は、常にやわらかい血管より硬い血管の方が大きい。赤血球の変形能を低下させる薬品を投与した場合、やわらかい血管の低ヘマトクリットの時と硬い血管の高ヘマトクリットの時に、プラズマ層の厚みは減少する。Dextran の投与によって、赤血球の凝集が起こり、プラズマ層の形成が増徴される。この研究によって、血管壁のかたさが、流動抵抗やプラズマ層の形成といったレオロジーに重要な働きをしていることがわかった。
要	

抄録作成者(所属)	杉井 康彦 (東京大学)
文献題目	A two-phase model for flow of blood in narrow tubes with increased effective viscosity near the wall.
著者	Sharan, M., Popel, A.S.
出典	Biorheology 38, 415-428, 2001.
キーワード	mathematical model, two-phase blood flow, energy dissipation, relative viscosity, bluntness
概要	微小血管における血流の解析のために、2相流モデルを作成した。このモデルでは、管中央に赤血球が集まり、それをプラズマ層が取り囲むものとしている。さらに、プラズマ層の粘度は、赤血球の運動のために血漿の粘度とは異なると仮定している。数値計算によって、プラズマ層の粘度、プラズマ層の厚さ、中心部のヘマトクリットを推定した。得られたプラズマ層の厚さは、文献値とよく一致した。
要	

抄録作成者(所属)	杉井 康彦 (東京大学)
文献題目	Near-wall μ -PIV reveals a hydrodynamically relevant endothelial surface layer in venules <i>in vivo</i>
著者	Smith ML, Long DS, Damiano ER, Ley K
出典	Biophysical J. 85, 637-645 (2003).
キーワード	RED-BLOOD-CELLS, LEUKOCYTE ACCUMULATION, ELECTROCHEMICAL MODEL, CAPILLARY GLYCOCALYX
概要	<p>高解像度マイクロ PIV 法を用いて、マウスの筋肉の細動脈の内被細胞近傍のプラズマ層内の速度分布を求めた。粒子径 $0.47\mu\text{m}$ の蛍光粒子を血液に混入させて血漿速度を求めた。壁面近傍の速度から求めた回帰直線から壁面に外装して求めた速度は、負の値になることがわかった。不浸透性の内被細胞表面流の厚さが $0.33\mu\text{m}$ であるか、その層の最小の流体抵抗を仮定すると $0.44\mu\text{m}$ になると推定できる。血漿流が流れない範囲は、内被細胞表面にかかるせん断応力の低下の結果と矛盾しない。これらの発見は、内被細胞表面層の存在と合致し、血管壁表面への白血球粘着や浸透性などの修正に寄与するものと考えられる。</p>

抄録作成者(所属)	杉井 康彦 (東京大学)
文献題目	Motion of red blood cells in a capillary with an endothelial surface layer: effect of flow velocity
著者	T.W. Secomb, R. Hsu, A.R. Pries,
出典	<i>Am. J. Physiol. Heart. Circ. Physiol.</i> , 281, 629-636, (2001).
キーワード	apparent viscosity, blood flow resistance, glycocalyx, hematocrit, microvessels
概要	<p>毛細血管の表面には、内被細胞表面層を形成する巨大分子が並んでいる。理論モデルを用いて内被細胞表面層を有する毛細血管内の血流速度や赤血球の変形の研究を行った。血球の変形を膜の効果や弾性変形を考慮して解析した。血球の周りや内被細胞表面層内の血漿流れを、潤滑油の理論を用いて計算した。内被細胞表面層は、赤血球にそれを貫通する力を含む多孔性の層として表現される。内被細胞表面層の厚さを仮定して流体抵抗を推定した。このモデルによって、毛細血管内の内被細胞表面層から赤血球への力が、内被細胞表面層を通して血漿流れによって生じる流体力によって説明できることを示した。</p>

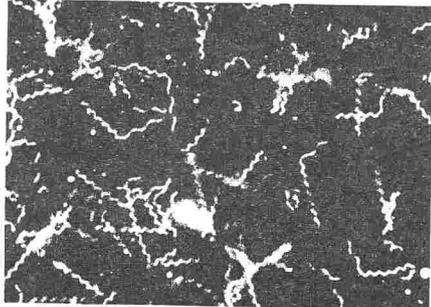
抄録作成者(所属)	杉井 康彦 (東京大学)
文献題目	Subcellular distribution of shear stress at the surface of flow-aligned and nonaligned endothelial monolayers
著者	Barbee K A, Mundel T, Lal R and Davies P F,
出典	Am. J. Physiol. 1995 268; H1765-H1772.
キーワード	ENDOTHELIAL CELLS, ATOMIC FORCE MICROSCOPY, MORPHOLOGY, COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS, MECHANOTRANSDUCTION
概要	せん断流れによる内被細胞表面にかかるせん断力を求めた。原子間力顕微鏡を用いて、流れが無い状態および一定のせん断力における内被細胞の表面形状を計測した。得られた表面形状を用いて流れ場の数値計算を行い、細胞表面にかかるせん断力を求めた。定常流に対応した内被細胞表面の再構築によって、最大せん断力とせん断力勾配が著しく低下した。表面形状と表面にかかるせん断力との関係から、内被細胞の流れへの応答を特徴づける形状の要素を定義した。
要	

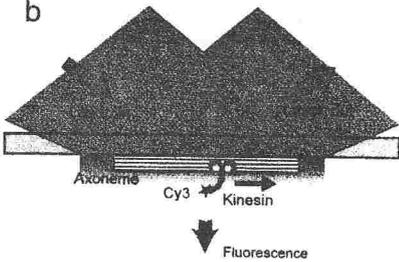
抄録作成者(所属)	杉井 康彦 (東京大学)
文献題目	Microvascular blood flow resistance: role of the endothelial surface layer
著者	Pries A R, Secomb T W, Jacobs H, Sperandio M, Osterloh K and Gaehtgens P
出典	Am. J. Physiol Heart Circ. Physiol 1997 273; H2272-H2279.
キーワード	rheology, microvascular networks, shear rate, glycocalyx
概要	微小循環内の血流観察によって、血流の抵抗が微小なガラス管での抵抗の約2倍になることが示されている。本研究では、血流抵抗への内被細胞表面に存在する glycocalyx 層の仮説を検証する。ラットの腸間膜の微小循環網の血流抵抗の変化が、glycocalyx に影響する酵素の注入によって観察されている。ヘパリンの注入によって、14-21%の抵抗の減少が推定され、これは、血管径が1 μ m広がった場合の抵抗減少に相当する。処理をしてない微小循環内の血流の実験では、低い流量での抵抗の増加を示した。得られた結果は、Glycocalyx の厚さがせん断に依存するために、低い流量域での抵抗減少が glycocalyx と非常に関係することを示した。
要	

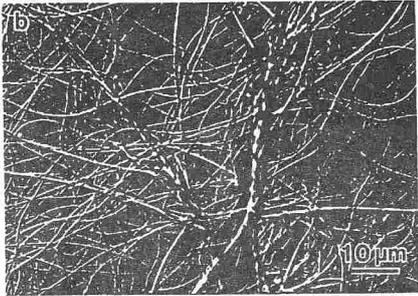
抄録作成者(所属)	杉井 康彦 (東京大学)
文献題目	Effects of erythrocyte aggregation and venous network geometry on red blood cell axial migration
著者	Bishop JJ, Popel AS, Intaglietta M, Johnson PC
出典	AMERICAN J. PHYSIOLOGY-HEART AND CIRCULATORY PHYSIOLOGY, 281 (2): H939-H950, 2001
キーワード	venous resistance, radial migration, red blood cell aggregation, in vivo fluorescence microscopy, venous network topology
概要	<p>微小なガラス管における赤血球の軸集中は、血液の粘度がせん断速度に独立していることが原因と考えられる。しかしながら、この血球の分離は、血球の注入によって細静脈網で起こらない。このことを調べるため、ラットの筋肉の細静脈網内の血流を通常状態、赤血球の凝集の有無などを変化させて、蛍光着色した赤血球を用いて調べた。細静脈網内におけるプラズマ層の形成が軸集中の時間依存性や血管の分岐の繰り返しによって、弱まることがわかった。</p>
要	

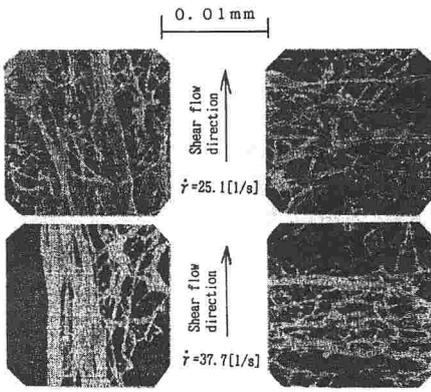
抄録作成者(所属)	杉井 康彦 (東京大学)
文献題目	Blood flow and red blood cell deformation in nonuniform capillaries: Effects of the endothelial surface layer
著者	Secomb TW, Hsu R, Pries AR
出典	MICROCIRCULATION, 9 (3): 189-196, 2002
キーワード	capillary, erythrocyte, flow resistance, glycocalyx, red blood cell, theoretical models
概要	<p>理論モデルを用いて、毛細血管内の赤血球の運動のメカニズムが調べた。このモデルでは内被細胞表面層の効果を考慮している。管径が 5.4-7.4μm の毛細血管赤血球の運動の計算を行った。内被細胞表面層の厚さを 0.7μm, 変形可能であり、赤血球の形状が対象であると仮定した。内被細胞表面層が無いとした場合では、赤血球の変形や抵抗が大きい。変形可能な内被細胞表面層の存在によって、せん断力や赤血球の変形が減少する。内被細胞表面層が毛細血管の抵抗を調整し、赤血球を力から保護しているものと考えられる。</p>
要	

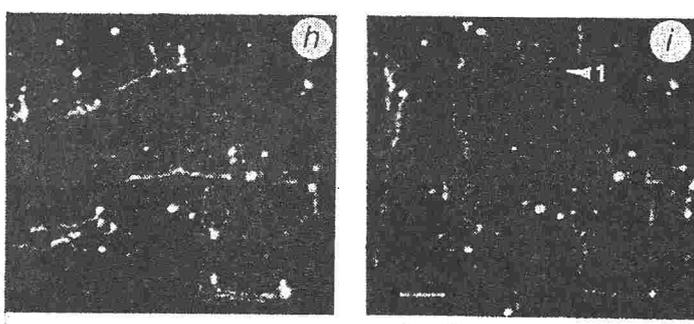
抄録作成者(所属)	西野耕一 (横浜国立大学)	
文献題目	超解像の光学	
著者	河田 聡 編	
出典	日本分光学会 測定法シリーズ 38, 学会出版センター, 1991	
キーワード	超解像, 変形光源, 共焦点顕微鏡, ニアフィールド光学, 日本分光学会	
概	<p>マイクロ・ナノ技術を支える基盤技術である顕微光学について、そのブレイクスルーである超解像 (super-resolution) について日本分光学会の顕微分光部会は 1993~1995 年において「超解像セミナー」を開催した。セミナー講師の一部が本書執筆者である。</p>	
要	<p>1章 超解像の概念と理論 (河田)</p> <p>2章 変形光源と変形瞳による超解像 (中村)</p> <p>3章 共焦点顕微鏡の超解像 (河田)</p> <p>4章 ニアフィールド光学の超解像 (河田)</p> <p>5章 非線形光学による超解像 (中村)</p> <p>6章 デジタル超解像 (中村)</p> <p>7章 超解像光リソグラフィ (渋谷)</p> <p>8章 超解像光メモリー (福本)</p>	<p>9章 X線顕微鏡 (堀川)</p> <p>10章 短波長光源 (大井)</p> <p>11章 ベクトル解析理論 (大木)</p> <p>河田 聡: 大阪大学・応用物理学専攻・教授 中村 収: 大阪大学・応用物理学専攻・助教授 渋谷 真人: ニコン・光学本部 福本 敦: ソニー・中央研究所 堀川 嘉明: オリジナル光学工業・基礎技術研究所 大井 みさほ: 東京学芸大学・物理学教室・教授 大木 裕史: ニコン・光学部</p>

抄録作成者(所属)	西野耕一 (横浜国立大学)	
文献題目	限界を超える生物顕微鏡 見えないものを見る	
著者	宝谷 紘一, 木下 一彦 編	
出典	日本分光学会 測定法シリーズ 21, 学会出版センター, 1991	
キーワード	生物顕微鏡, 暗視野顕微鏡, 蛍光顕微鏡, 偏光顕微鏡, 温度顕微鏡	
概	<p>本書は、蛍光法、偏光法、暗視野法について現在の到達点を示すとともに、最近開発された顕微鏡法であるレーザー共焦点、パルスレーザー、蛍光相関の各種法が紹介されている。</p>	
要	<p>1章 真っ暗の中で照らして大きく見る (暗視野顕微鏡) (宝谷 紘一)</p> <p>2章 光る標識をつけてみる (蛍光顕微鏡) (柳田 敏雄)</p> <p>3章 偏光で見たいものだけ選んで見る (偏光顕微鏡) (佐藤 英美)</p> <p>4章 立体断面を見る (共焦点レーザー走査蛍光顕微鏡) (藤田 哲也)</p> <p>5章 計算でボケを除いて見る (光学切片顕微鏡) (平岡 泰)</p> <p>6章 画像処理して自在に見る (ビデオ顕微鏡) (早川 毅)</p> <p>7章 一瞬を見る (パルスレーザー顕微鏡) (木下 一彦)</p> <p>8章 分子の集まり具合を見る (時間分解蛍光顕微鏡) (楠見 明弘)</p> <p>9章 温度分布を見る (温度顕微鏡) (吉村 英恭, 永山 国昭)</p> <p>10章 X線でより詳しく見る (X線顕微鏡) (木原 裕)</p>	 <p>細菌べん毛の暗視野光顕像 (スケールは 10μm)</p>

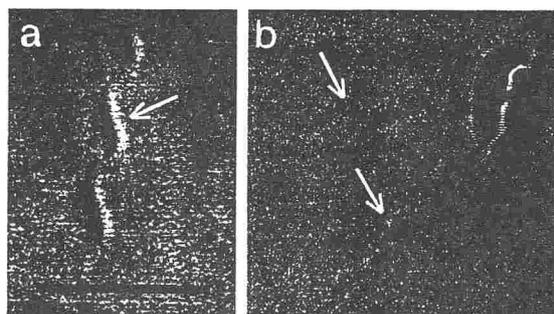
抄録作成者(所属)	西野耕一 (横浜国立大学)
文献題目	1分子の生物分子モーターの動きと化学反応を観る
著者	船津 高志
出典	医用電子と生体工学, Vol. 36, No. 2, pp. 228-234, 1998
キーワード	蛍光顕微鏡, エバネッセント光, 全反射蛍光顕微鏡, 1分子イメージング
概要	<p>エバネッセント光を利用する全反射蛍光顕微鏡による1分子イメージングの方法と観察結果を紹介した特集記事である。分子イメージングにおいてエバネッセント光と蛍光顕微鏡の効果は知られていたが、著者はレーザービームの全反射を利用することにより、水溶液からのラマン散乱を抑え、かつ光学部品の発する背景光を最小にすることに成功した。その結果、背景光が落射蛍光顕微鏡の50分の1となった。さらに、著者はタンパク質分子の標識蛍光剤としてシアニン色素 (Cy3, Cy5) が効果的であることを見いだした。このような方法を用いて、Cy3 で標識したキネシン1分子の軸糸微小管上の滑り運動を観察した。1分子イメージングと光ピンセットによるナノ分子操作を組み合わせることの可能性を示唆している。</p>
要	 <p>全反射蛍光顕微鏡による蛍光標識キネシンの運動観察の原理図</p>

抄録作成者(所属)	西野耕一 (横浜国立大学)
文献題目	大きな軸比をもつ有機系マイクロ構造体の微細形態観察
著者	清水敏美, 八瀬清志, 大西里実, 増田光俊, 小木曾真樹, 浅川真澄, 浅井道彦, 中澤郁郎, 岩浦里愛
出典	高分子論文集, Vol. 56, No. 10, pp. 575-582, 1999.
キーワード	双頭型合成脂質, ナノ・メゾスケール構造体, 顕微鏡法
概要	<p>双頭型合成脂質が水中自己集積によって形成するナノ・メゾスケール構造体 (HARM、幅 1μm 以下) について、その微細形態と階層構造を「生」に近い条件で観察するため、複数の顕微鏡法を適用し、相互比較した。用いた手法は共焦点レーザースキャン顕微鏡、エネルギーフィルター透過型電子顕微鏡、クライオ電子顕微鏡、原子間力顕微鏡、暗視野光学顕微鏡である。その結果、幅 0.2~</p>
要	<p>1.0μm の独立した2本の HARM 繊維が二重らせんを形成していることが観察され、その解像力は位相差顕微鏡に勝っていた。</p>  <p>共焦点レーザースキャン顕微鏡による HARM の観察結果 (画像左下のスケールは 10μm)</p>

抄録作成者(所属)	西野耕一 (横浜国立大学)	
文献題目	せん断流動場におかれた高分子水溶液中のポリマ鎖の可視化に関する一実験	
著者	宮本 博文	
出典	日本機械学会論文集 (B 編), 60 巻, 574 号, pp. 2038-2043, 1994	
キーワード	非ニュートン流体, せん断流, 流れの可視化, 高分子溶液, 凍結昇華法	
概要	<p>高分子溶液に現れる非ニュートン効果 (トムズ効果、拡散抑制効果、ジョンソン効果) の物理的理由を明らかにするために、せん断を付加した高分子溶液を凍結昇華法で固定し、高分子の様子を電子顕微鏡で観察した。この方法は、高分子溶液を液体窒素冷却された黄銅製試料台の上に瞬間凍結させ、試料台を直ちに真空容器に移して水分 (氷) を昇華させるものである。試料台に残された高分子を電子顕微鏡や金属顕微鏡で観察する。この方法を用いて、ポリエチレンオキサイド (分子量 5×10^6) の配向を可視化観察し、せん断流中で網目構造を形成することを明らかにした。</p>	 <p>凍結昇華法で固定されたせん断流中の高分子の電子顕微鏡写真 (300ppm)</p>

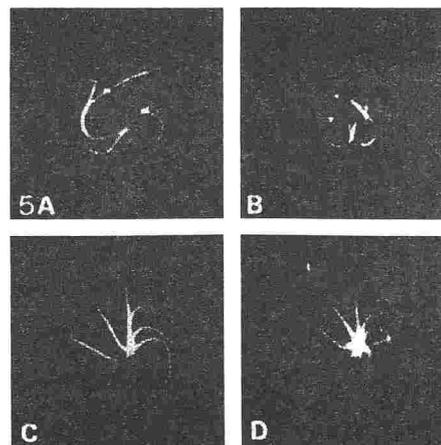
抄録作成者(所属)	西野耕一 (横浜国立大学)	
文献題目	Conformational dynamics of individual DNA molecules during gel electrophoresis	
著者	D. C. Schwartz & M. Koval	
出典	Nature, Vol. 338, No. 6, pp. 520-522, 1989	
キーワード	Visualization, Video microscopy, Electrophoresis, DNA molecule, Fluorescence	
概要	<p>分子寸法による DNA 分離技術であるゲル電気泳動 (gel electrophoresis) のメカニズムを明らかにするため顕微鏡観察を行った。観察には Zeiss Axioplan 顕微鏡と C2400-SIT カメラ (浜松ホトニクス) を用い、個々の DNA 分子は蛍光着色 (fluorescently staining) が施されている。その結果、DNA 分子の移動は伸張と収縮の繰り返しで特徴付けられることが観察された。本論文では、交互パルス電気泳動 (puls oriented electrophoresis) が効果的であることを</p>	 <p>ゲル電気泳動における DNA 配向の撮影結果</p>

抄録作成者(所属)	西野耕一 (横浜国立大学)
文献題目	Visualization of bacterial flagella by video-enhanced light microscopy
著者	S. M. Block, K. A. Fahrner & H. C. Berg
出典	Journal of Bacteriology, Vol. 173, No. 2, pp. 933-936, 1991
キーワード	Visualization, Light microscopy, Video enhanced, Flagella
概要	<p>微分干渉コントラスト顕微鏡画像にビデオ強調を施すことによって、個々のべん毛の動きを撮影した。べん毛は、直径 15nm 程度、全長 10μm 程度であり、ピッチ 2.5μm のらせん構造をなす。対物レンズは油浸式で、100\times、NA1.3 である。照明には 100W の水銀灯を使用し、グラントンプソンプリズム、グリーンフィルタ、白黒 TV カメラを用いて撮影している。</p> <p>右図はらせん構造のべん毛である。左側の図中底部には 5μm を示すスケールが示されている。べん毛回転は高速のため撮影困難であるが、特殊な化学物質や周囲流体の粘性増大による回転数を撮影可能レベルに低下させることが可能である。</p>

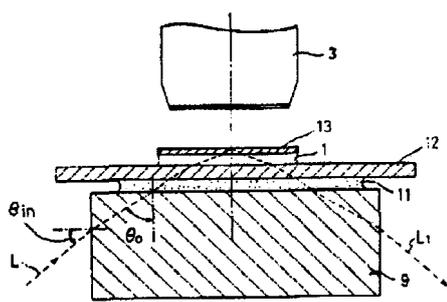


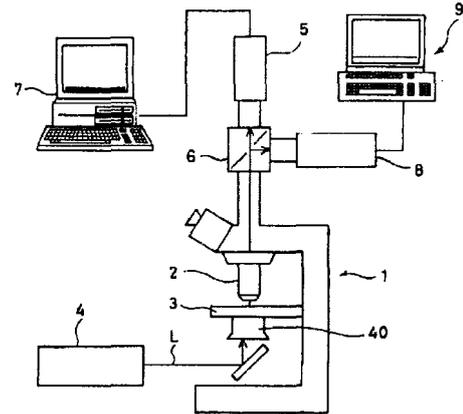
べん毛のビデオ強調画像 (スケールは 5 μ m)

抄録作成者(所属)	西野耕一 (横浜国立大学)
文献題目	ビデオ顕微鏡
著者	S. Inoue & K. R. Spring 著, 寺川進, 市江更治, 渡辺昭 訳
出典	共立出版, 2001
キーワード	ビデオ, 顕微鏡, ハンドブック, 実際的取り扱い
概要	<p>本書は、ビデオと顕微鏡を組み合わせた顕微観察方法をまとめた大書である (全 744 頁)。コントラスト生成法として、明視野、軸外照明法、反射コントラスト、落射照明法、暗視野法、位相差法、偏光法、干渉法などの説明がなされている。その他、顕微観察 (特に、マイクロスケールの動的挙動の顕微観察) に関する基礎・応用事項が詳述されており、ハンドブックとして役立つことができる。右図は、べん毛の暗視野ストロボ照明画像である。</p>



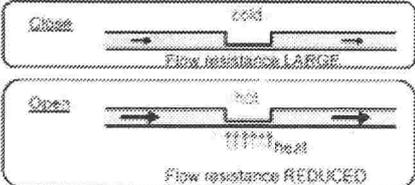
べん毛の暗視野ストロボ照明画像

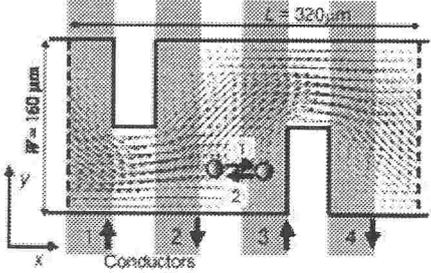
抄録作成者(所属)	西野耕一 (横浜国立大学)
文献題目	暗視野顕微鏡の照明方法とその装置
著者	新技術開発事業団
出典	公開特許公報(A), 平 2-232614
キーワード	暗視野顕微鏡、レーザ照明、ガラスブロック
概要	<p>暗視野顕微鏡の性能を向上させることを目的として、レーザとガラスブロックを用いた照明装置と方法について特許出願したもの。請求項は、(1) レーザ光とガラスブロックを照明装置とする暗視野顕微鏡装置 (以下、装置)、(2) 直方体ガラスブロックを有する装置、(3) 側面が曲面をなすガラスブロックを有する装置、などである。右図は直方体ガラスブロックを使用した場合で、図中の下から、ガラスブロック (#9)、オイル (#11)、スライドガラス (#12)、試料 (#1)、カバーガラス (#13) である。試料を透過した照明光がカバーガラスで全反射して対物レンズに入らぬよう各層の屈折率とレーザ光の入射角度が決定されている。</p>
要	 <p style="text-align: center;">暗視野顕微鏡の照明方法</p>

抄録作成者(所属)	西野耕一 (横浜国立大学)
文献題目	レーザー暗視野斜光顕微鏡装置と運動計測方法
著者	新技術開発事業団
出典	公開特許公報(A), 平 3-257349
キーワード	暗視野顕微鏡、レーザー、斜光顕微鏡、べん毛、振動・回転運動
概要	<p>バクテリア (具体例はサルモネラ菌) のべん毛の回転・振動運動を観察・計測することを目的として開発されたレーザー暗視野斜光顕微鏡装置と計測方法を特許出願したもの。請求項は (1) レーザー暗視野斜光顕微鏡装置、(2) べん毛等を撮影するためのレーザー暗視野斜光顕微鏡装置、(3) 回転・振動運動の計測方法、である。レーザー光を微小領域 (数μm) に集光させることにより干渉縞の影響を抑えている。べん毛からの散乱光はスリット (右図#6) を経て光電子像倍管で検出される。べん毛の振動・回転によって周期的な信号が得られるので、それより振動数・回転速度を計測する。</p>
要	 <p style="text-align: center;">暗視野斜光顕微鏡装置</p>

抄録作成者(所属)	速水 洋 (九州大学)
文献 題 目	Micro Total Analysis Systems. 1. Introduction, Theory, and Technology
著 者	Reyes, D. R., Iossfidis, D., Auroux, P-A., Manz, A.
出 典	Analytical Chemistry, Vol. 74 (2003), pp.2623-2636.
キーワード	Micro total analysis system (Micro TAS), Micropump, Micro reactor
概 要	<p>マイクロ TAS に関するレビュー。2 部作の 1 部目。20 世紀後半四半世紀の歴史的背景を含む序論、理論および、マイクロ製造、接着、表面処理、設計、などの技術に加えて、質量分析法 (MS)、核磁気共鳴法 (MMR)、流体素子等とのインターフェース関連、マイクロバルブと流量制御、マイクロポンプなどの技術についてレビューしたもので、参考論文数は 342 編 (~2002 年) にもものぼる大作。著者は化学分野。</p> <p>本文献紹介者の弁によれば、「これだけで満腹になる」とのことです。</p>

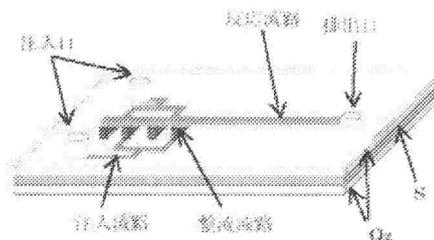
抄録作成者(所属)	速水 洋 (九州大学)
文献 題 目	Micro Total Analysis Systems. 2. Analytical Standard Operations and Applications
著 者	Auroux, P-A., Iossfidis, D., Reyes, D. R., Manz, A.
出 典	Analytical Chemistry, Vol. 74 (2003), pp.2637-2652
キーワード	Micro total analysis system (Micro TAS), Micropump, Micro reactor
概 要	<p>マイクロ TAS に関するレビュー。2 部作の 2 部目。大きく、Analytical Standard Operation と Application に分かれる。前者の内訳としては、標本化 (sonication、抽出、予濃縮)、流体・粒子操作、反応・混合 (マイクロミキサ、化学リアクタ、enzymatic リアクタ、immunoassay リアクタ、など)、分離 (クロマトグラフィ、electroforests、isoelectric focusing、その他等)、検出 (化学発光・電子化学発光、電子化学検出、蛍光発光、非蛍光発光、質量分析法、その他の検出法、単分子検出)、また後者については、細胞培養・細胞操作、病気診断、immunosays、プロテイン、DNA 分析、ポリマー連鎖反応、シーケンスなどについてレビューしたもので、参考論文数は 372 編 (~2002 年) にもものぼる大作。著者は化学分野。</p> <p>本文献紹介者の弁によれば、「これだけで満腹になる」とのことです。</p>

抄録作成者(所属)	赤星 賢一、速水 洋 (九州大学)
文献 題 目	A nL/mini-Scale Valveless Flow Regulator for integrated Micro Chemical Devices
著 者	Matsumoto, S., Tai, Y-C.
出 典	ISMME 2003, A25-126, pp. 351-356.
キーワード	Micro chemical device, flow regulator, micro channel, viscosity, parylene
概 要	<p>nL/min スケールの微小な体積流量の流体を制御する機能を備えた装置についての報告。本装置は液体粘性の温度依存、およびパリレンによって支持を必要としないマイクロチャンネル構造によって、バルブを用いない非常にシンプルな構造となっている。この流量調整装置を備えた化学装置は、機械的に動作する一般的なバルブよりも、流体の流れを柔軟に扱うことにおいて優れている。試作したチップは超微細表面加工によって製作されている。実験では脱イオン水を作動流体とした。結果としては所用圧力差は減少し、かつ室温において、100~200%の範囲において流量を連続的に制御できることを確認している。</p> 

抄録作成者(所属)	赤星 賢一、速水 洋 (九州大学)
文献 題 目	Particle Tracking Velocimetry Measurement of Chaotic Mixing in a Micro Mixer
著 者	Suzuki, H., Nakano, M., Kasagi, N. Ho, C-M.
出 典	ISMME 2003, B22-035, pp. 397-402.
キーワード	Chaotic Mixing, Cell Sorting, Magnetic Beads, Micro Fluidics, Bio-MEMS
概 要	<p>磁気ビーズおよび生体分子の混合は微小な細胞を分類するシステムにおいて非常に重要となる。粒子追跡流速計測法(PTV)はカオス状態の微小なミキサ中で磁気ビーズの動きを調べるために用いられている。ビーズの軌跡の測定結果は、数値シミュレーションでカオス状態の始まりであるという報告とよく一致する。ビーズの軌跡は Lyapunov 指数によって推定されたビーズの局所平均速度場から再構築される。コントロール信号の最適な周波数はストロハル数が $5 < St < 12$ の範囲に存在する。また、その結果は数値シミュレーションと一致する。Lyapunov を評価する現在の方法は、微小粒子および大きな分子用の混合装置の性能を決定するために適用可能である。</p> 

抄録作成者(所属)	赤星 賢一、速水 洋 (九州大学)
文 献 題 目	マイクロリアクター -新時代の合成技術-
著 者	吉田 潤一
出 典	シーエムシー出版, 2003
キーワード	Micro chemical device, Micro reactors
概 要	<p>マイクロリアクターの歴史、特徴、世界的な動向について概観されている。また、主に化学反応プロセスについて、国内外の研究、開発状況が記述されている。</p>

抄録作成者(所属)	赤星 賢一、速水 洋 (九州大学)
文 献 題 目	マイクロチップ上での有機合成反応とその効率評価
著 者	明智 将一、丸山 浩樹、中西 博昭、吉田 多見男、
出 典	平成 11 年度 電気学会研究会、化学センサシステム、CS-99-48 (1999)
キーワード	マイクロチップ、有機合成反応、混合、薄層クロマトグラフィー
概 要	<p>本研究では効率的な有機合成反応を実現するチップを考案・作成している。実験では効率的な混合を実現するために、2種類の流体試薬が完全な多層ラミネートを形成する流路構造を持つチップを作成している。異方性エッチングにより流路を形成したシリコンチップを石英ガラスで挟み、フッ酸接合をすることでチップを作成している。チップ上では代表的な有機合成反応であるアセチル化を行っている。また、合成収率の評価のためフラスコ内での反応との比較を行っている。結果としてはチップ上でラミネートが仮説通りに形成されなかった。また、合成収率はフラスコ内での反応による収率と同等の結果となった。</p>



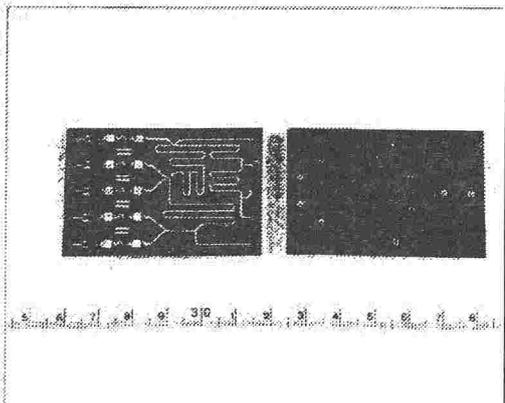
抄録作成者(所属)	赤星 賢一、速水 洋 (九州大学)
文献題目	生化学分析用マイクロ混合器における固体粒子運動のラグランジュ的数値解析
著者	田中 博人, 深瀬 康二, 笠木 伸英, 鈴木 宏明
出典	日本混層流学会 年会講演会 2003 講演論文集, 219-220
キーワード	Numerical simulation, equation of motion, terminal velocity, μ -TAS, micro mixer
概	非定常磁場を印加してラグランジュ・カオスを起こすことにより、磁性粒子と細胞等との混合が促される生化学分析用マイクロ混合器 ^[1] について数値解析が行われている。マイクロ流路における固体粒子運動の高精度な数値計算を実現するため、シミュレーションでは支配方程式として Maxey & Riley による運動方程式にせん断揚力と回転揚力を加えたものを用いている。結果としては、粒子追跡には運動方程式の時間積分は必要なく、ストークス抵抗のみを考慮した終端速度を用いた計算で十分であった。ただし、粒子径が 0.01mm 以上のときは曲率の影響が無視できなくなるために、Faxen 項を含む形でのストークス抵抗から求めた終端速度を用いて計算するのが適当という結果が得られている。
要	[1] Suzuki, H., Ho, C.M, "A Magnetic Force Driven Chaotic Micro-Mixer," Proc. 15 th IEEE Int. Conf. MEMS'02. Las Vegas, pp 40-43, (2002).

抄録作成者(所属)	荒巻 森一朗, 速水 洋 (九州大学)
文献題目	集積型マイクロリアクターチップ
著者	藤井 輝夫
出典	ながれ, Vol. 20 (2001), pp. 99-105.
キーワード	マイクロ生化学システム, μ TAS, 生体外蛋白質合成反応
概	マイクロリアクターの実験室レベル製造工程についての解説に始まり、物質拡散による混合の影響について発光酵素合成により得られる発光強度を基に計測した例を示している。また、筆者の研究課題である生体外蛋白質の合成を行う際に重要となる温度管理に対する工夫についても述べられている。
要	

抄録作成者(所属)	荒巻 森一郎, 速水 洋 (九州大学)
文 献 題 目	Hybrid macro-micro fluidics system for a chip-based biosensor
著 者	Tamanaha, C. R., Whitman, L. J., Colton, R. J.
出 典	J. Micromechanics and Misroengineering, 12 (2002), pp.N7-N17
キーワード	μ TAS,
概 要	<p>カートリッジ式のPDMSに、試薬タンク、ポンプ、バルブ、反応部およびセンサ部を作り込み、作業工程短縮化をはかれるシステムを作成。カートリッジはPCカードサイズ。ただし、ポンプ駆動部等はカートリッジ外部にあるが、駆動部等を合わせても手のひらサイズのシステム。ポンプはダイアフラム式であり、駆動周波数の影響に関する実験・検証を行っている。</p>

抄録作成者(所属)	速水 洋 (九州大学)
文 献 題 目	マイクロタスの実用化研究
著 者	
出 典	富士時報、77-1 (2004), 20..
キーワード	Micro-TAS, 実用化、ダイオキシン
概 要	<p>① μTAS (マイクロタス) の実用化研究</p> <p>μTAS (Micro Total Analysis System) は微細な流路や反応槽などをチップ(小型基板)上に形成して実現する分析用装置である。分析時間の飛躍的な短縮を可能とし、臨床医学、環境分析などでの適用が期待されている。富士電機では大学などと共同で、μTASの実用化研究に取り組んでいる。</p> <p>写真はシリコン基板とガラスで形成した、ダイオキシン検出用のμTASの試作品である。写真左は試薬供給チップで、微細流路と超小型の圧電ポンプにより試薬の送液機構を形成している。写真右は試薬と試料を混合・反応させてダイオキシンを検出するチップである。これにより、従来の分析装置と比較して、装置サイズ、検出時間ともに数分の1と、画期的な性能向上が可能となる。</p> <p>*富士時報よりコピー</p>

図19 ダイオキシン検出用の μ TASの試作品



抄録作成者(所属)	平原裕行(埼玉大学)
文献題目	Laser Shock Cleaning of Inorganic Micro and Nanoscale Particles
著者	BUSNAINA A A (Northeastern Univ., MA, USA), PARK J G (Hanyang Univ., Ansan, KOR), LEE J M, YOU S Y (IMT Co. Ltd., Yongin, KOR)
出典	IEEE/SEMI Adv Semicond Manuf Conf Workshop
キーワード	Laser cleaning, Micro particle
概要	新しい乾式洗浄技術(レーザ誘起衝撃クリーニング)を適用し,シリコンウエハ表面からサブミクロン粒子を除去した。レーザ表面スキャナを用いて,新技術のクリーニング有効性を定量的に評価した。結果をもとに,レーザ誘起衝撃波に曝した後はウエハ表面のシリカ粒子の大部分が除去されていたことを示す。平均粒子除去効率は99%を越える。結果から,クリーニング効率がレーザ焦点とウエハ表面とのギャップ間隔に強く左右されること,粒子の除去をうまくやるにはギャップの適切な制御が非常に重要なこと,を示す。パターン形成済みウエハの化学機械研磨(CMP)後のスラリー粒子除去にも適用し,この新技法の実証に成功した。

抄録作成者(所属)	平原裕行(埼玉大学)
文献題目	衝撃波 DDS 開発のための弾性壁面近傍での気泡変形挙動解析
著者	山野井一郎, 松尾純明 (京大 大学院), 玉川雅章 (九州工大), 蒲池雅樹 (九工大 大学院)
出典	バイオエンジニアリング学術講演会講演論文集 Vol.15th, Page241-242 (2003.01.20)
キーワード	Drag delivery, Shock wave, Micro capsule
概要	衝撃波を利用した気泡内包マイクロカプセル破壊のドラッグデリバリシステム開発やバイオプロセスの基礎的な研究として,カプセル壁面を2次元曲率弾性壁にみたて,壁面近傍での衝撃波作用後の変形挙動の観察を行った。その結果,1)壁面から離れた位置で気泡は上下に鋭く変形するマイクロジェットが発生すること,2)壁面の移動による圧力低下および壁面の拘束によりマイクロジェットの発生・発達抑制されること,が明らかになった。

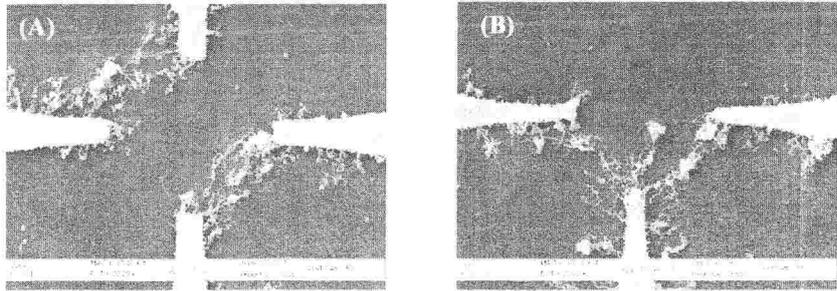
抄録作成者(所属)	平原裕行(埼玉大学)
文献題目	Bioengineering. Fundamental Investigation for Developing Drug Delivery Systems and Bioprocess with Shock Waves and Bubbles. Numerical Analysis of Deformation of Cell Model and Observation of Bubble Behavior near the Cell-Membrane Model. 衝撃波と気泡によるドラッグデリバリーシステムとバイオプロセスの開発のための基礎研究 細胞モデルの変形の数値解析及び細胞膜モデル付近の気泡挙動の観察
著者	TAMAGAWA M, MATSUMOTO A (Kyoto Univ., Kyoto, JPN), YAMANOI I (P&G Far East Inc., Hyogo, JPN)
出典	JSME Int Journal. Ser C. Mech Systems, Mach Elem Manuf Vol.44, No.4, Page1031-1040 (2001.12.15)
キーワード	Drug delivery, Shock wave, Micro capsule
概要	本論文は衝撃波と気泡を使ったドラッグデリバリーシステムとバイオプロセスの基礎的研究について、特に液滴と細胞とみなしたときの液滴内部の気泡の CFD による圧力場および変形解析と細胞膜モデルとしての曲率をもつ弾性壁近くでの変形挙動の観察について述べている。結果として数値計算からは細胞内外の音響インピーダンスの差と内部気泡により変形の度合が大きくなること、変形観察からは初期気泡位置と半径に依存するか、壁曲率を変化させていくと気泡変形及びマイクロジェット形状の変化する点が存在することがわかり、これにより効率のよい細胞およびマイクロカプセル破壊の可能性を見出した。

抄録作成者(所属)	平原裕行(埼玉大学)
文献題目	Spatial Control of Cellular Measurements with the Laser Micropipet.
著者	LI H, SIMS C E, WU H Y, ALLBRITTON N L (Univ. California, California)
出典	Anal Chem Vol.73, No.19, Page4625-4631 (2001.10.01)
キーワード	
概要	<p>複数細胞の細胞質または単一細胞のサブ領域の物質を迅速にキャピラリーに導入する方法を開発した。レーザーの単一集束パルスが生ずる機械的衝撃波により、衝撃波の通路において複数の細胞または一個の細胞の一部の破壊が起こる。破壊と同時に細胞質は電気泳動分離用のキャピラリーに導入される。細胞破壊の領域の大きさ(及び集められる細胞質の容積)は、レーザーパルスのエネルギー量によって制御できた。高エネルギーを使うと複数の細胞から試料採取ができ、一方低エネルギーを使ってニューロンプロセス先端での選択的試料採取ができた。また細胞内コンパートメントで測定可能なことを、コンパートメントにレポータ分子を閉じ込める実験により示した。核に局在するレポータは、細胞及び核のレーザーを媒介とした破壊の後のエレクトログラムに検出された。さらに、この方法を用いることにより、細胞質試料採取中に細胞膜修復機構が活性化されないほど迅速に細胞反応を停止できることも示した。</p>

抄録作成者(所属)	平原裕行(埼玉大学)
文献題目	Transdermal Drug Delivery with Photomechanical Waves.
著者	DOUKAS A, LEE S (Harvard Medical school Boston, MA)
出典	Conf Proc Int LEOS Annu Meet (IEEE Lasers Electro-Opt Soc Vol.12th, No.Vol.1, Page360-361 (1999))
キーワード	
概要	<p>レーザー-組織相互作用は、光化学的、光熱的、光機械的などの効果に分類される。この中で、光機械的効果は限定するのが最も難しい効果であった。この効果は、アブレーション、プラズマ、キャビテーション、マイクロストリーミング、噴流、フォーメーション、衝撃波発生のような現象を含んでいた。光機械的波(PW)は、レーザー生成応力波または衝撃波であった。この光機械的波を経皮ドラッグデリバリーに利用することを検討した。PWにより角質層での透過性が増加することを指摘した。</p>

抄録作成者(所属)	平原裕行(埼玉大学)
文献題目	Planar doppler velocimetry in supersonic micro flows.
著者	SETHURAM S, SAMIMY M, LEMPERT W (Ohio State Univ., Ohio)
出典	Pap Am Inst Aeronaut Astronaut, AIAA-2002-0690, Page12P (2002)
キーワード	PDV, Supersonic flow, Jet
概要	<p>現在進行中の超音速マイクロフローで使用するプレーナドップラー流速測定法(PVD)研究の予備的結果を報告した。1×5mmの矩形ノズルからのマッハ2のマイクロジェットに映像焦点をもつ、最終倍率5で20μmの空間分解能が得られる様々な映像セットアップを調べた。可視化映像は、その乱流構造が同じマッハ数の矩形マイクロジェットと類似性を示すと共に、他の矩形マイクロジェットと同様のフラッピング運動を示した。ジェット速度の流れ方向成分測定に、一つはスペクトルフィルタ付き、他の一つはフィルタ無しの画像を撮像する2カメラPDV方式を使用した。速度プロファイルは期待通りであり、かつ、中心線での平均速度は期待値の15%以内であった。</p>

抄録作成者(所属)	本阿弥 眞治 (東京理科大学工学部)
文献題目	An oscillating hot-wire technique for resolving the magnitude and direction of velocity measurements using single hot-wire sensors
著者	Naguib, Y.
出典	Experiments in Fluids, Vol. 34, 597-606, 2003
キーワード	Hot-Wire, Bias-velocity, Piezo Actuator
概要	<p>単一素線の熱線流速計を用いると流れの方向を検知できないことが大きな欠点である。従来、回転アームや往復動する橋に熱線素線を取り付け、大きなバイアス速度を与え、順逆流の速度、すなわち流れの方向を検出していた。本研究では、熱線素線に MEMS により開発された高い周波数振動が得られるアクチュエータを用い、バイアス速度を与えることを特徴としている。開発に際し、流れの rms 速度と素線振動 rms 速度比が重要なパラメータとなり、その比が 1 以下で、併せて、素線の振動周波数が流れの周波数の 2 倍以上であれば、誤差が無視できることをシミュレーションにより確認している。前述の条件を満足するように、ピエゾ素子を利用し、熱線プロングはピエゾ素子に取り付けられ、490 Hz で正弦波状に加振され、プロングのバイアス速度は 0.5m/s である。試作された振動熱線流速計は検定され、さらに、エンジン吸気管を模擬した順流と逆流が存在する 15Hz の振動管内流れに適用された。低速域の速度検定がなされていない速度零近傍の計測結果を除いて、レーザー Doppler 流速計と振動熱線流速計の計測結果は非常に良い一致を示し、センサとしての妥当性を示している。</p>
要	

抄録作成者(所属)	本阿弥 眞治 (東京理科大学工学部)
文献題目	Bulk Carbon Nanotubes for Micro Anemometry
著者	Wang, V & Li, W.
出典	Proc. 4 th ASME-JSME Joint FED Conf., FEDSM2003-45067, 2003
キーワード	Carbon Nano Tube
概要	<p>カーボンナノチューブの抵抗体としての機能に着目し、マイクロ/ナノ熱線流速計のセンサ要素に組み込んだシステムを構築し、定電流型モードで作動させた。駆動電力はマイクロワットのオーダーで、従来のポリシリコン製の MEMS より 3 桁低く抑えられ、計測器としてのポテンシャルが高いことを示す。併せて、定電流モードで 100kHz 以上の非常に高い周波数応答を持ち、周波数特性に優れた熱線流速計として期待される。下図にプロングの配置とカーボンナノチューブの SEM 画像を示す。</p>
要	

抄録作成者(所属)	本阿弥 眞治 (東京理科大学工学部)
文献題目	Numerical Study on Thermal and Fluid Flow Around the New Type of Micro Flow Sensor
著者	Yoshida, M. Yamamoto, M. Kamiunten, S. & Honami, S.
出典	Proc. 4 th ASME-JSME Joint FED Conf., FEDSM2003-45068, 2003
キーワード	Micro Sensor
概要	定温度型モードで駆動する壁面せん断応力計測用の壁面センサの応答性を向上させるため、窒化シリコン薄膜上に抵抗体を配置し、薄膜にスリットを設け、熱伝導の影響をできるだけ除去したマイクロセンサを提案している。2個の金属薄膜抵抗体を流れに交差するようにシリコン薄膜上に配置し、両者の抵抗体の温度を一定に保持するため、上流側抵抗体は冷却され、下流側の抵抗体は上流側の抵抗体の発熱に基づく熱後流により加熱され、その結果、両抵抗体の抵抗値、即ち電圧変化が生じる。そこで、ブリッジ回路の出力電圧と流れの速度との相関を検定することにより、壁面せん断応力とその方向を検知することが可能な計測原理を利用している。提案されたセンサの計測器としての妥当性を確認するため、シリコン薄膜における熱伝導方程式と低レイノルズ数の NS 方程式を基礎式とする数値シミュレーションにより、2つの抵抗体の間隔、抵抗体の設定温度、シリコン薄膜に設けたスリットのサイズの影響を検討し、抵抗体の最適な形状や配置を提案し、レイノルズ数と2つの抵抗体近傍の流れの温度差より、従来のセンサに比べ、小型で、周波数特性に優れたセンサの可能性を示している。

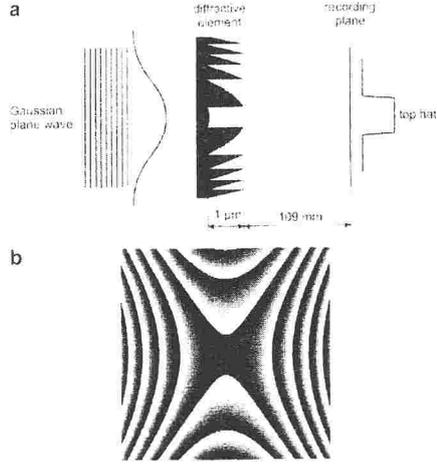
抄録作成者(所属)	本阿弥 眞治 (東京理科大学工学部)
文献題目	Experimental Flow Studies in Exact-Replica Phantoms of Atherosclerotic Carotid Bifurcations Under Steady Input Conditions
著者	Bale-Glickman, J. Selby, K. Saloner, D. & Savas, O
出典	ASME J. Biomechanical Engineering Vol. 125, pp38-48, 2003
キーワード	Flow phantom, Atherosclerotic Carotid
概要	広範囲な流れの研究が2つの頸動脈分岐部の模型で実施された。2人の重症動脈硬化症患者の血管をMRI スキャンし、内腔のアクリル模型を製作し、シリコンゴムで成型し、低融点金属成型、そして透明シリコン流路模型を作成した。流路模型の制作過程が詳細に述べられ、模型製作に十分なる注意が払われている。流路模型内の流れを厚さ10 μ のシート光でPIV計測した。境界近傍において速度処理に関し高度な処理技術が採用されている。測定結果によれば、流れ場は3次元性が強く、流れの剥離と再付着過程が多数認められ、剥離は厳しく、極めて指向性が強い噴流の形態を有する場合と循環渦がほとんど停留している場合も存在することが判明した。模型に流入する流れは定常流であるにもかかわらず、高いレイノルズ数領域では、流れは非定常となり、乱れ、渦度は薄い膜状の領域に限定され、残りの領域は渦なし流れの様相を示す。一方、レイノルズ数が非常に低い場合、流れは、非常に複雑な渦構造を持ち、従来の議論とは異なり、例えば、渦度の視点からの検討が必要であることを強調している。

抄録作成者(所属)	本阿弥 眞治 (東京理科大学工学部)
文献題目	Accuracy and Reproducibility of CFD Predicted Wall Shear Stress Using 3D Ultrasound Images
著者	Augst, A.et al.
出典	ASME J. Biomechanical Engineering Vol. 125, pp218-222, 2003
キーワード	Ultrasound Image, CFD
概要	<p>Imperial College と St. Mary Hospital のグループによる共同研究で、患者の正確な分岐血管の再現を目指すことを目的としている。超音波により患者の頸動脈分岐血管を3回スキャンし、血管形状を正確に再現し、数値流体力学の解析に適切に適用できるよう再構成されている。その結果、CAD 模型と満足すべき一致が見られ、そして、再現性も良好であることが判明している。分岐部の近傍の2箇所選ばれた場所の壁面せん断応力の比較では、超音波画像と CAD で再構成された模型との相違は7%のオーダーであった。結局、3次元超音波は安全で、低価格で、正確な手法であることが示され、研究で採用された3次元超音波画像技術は、従来の核磁気共鳴を利用した手法に比べ、高いポテンシャルを有すると述べている。しかし、壁面せん断応力ならびにそれにより誘導されたパラメータは形状の変化に非常に敏感であるので、よりロバスト性の高い、利用者のスキャンと再構成ツールに依存しないシステムの開発が必要とされることが述べられ、信頼性を改善する点からも課題として残されている。</p>

抄録作成者(所属)	本阿弥 眞治 (東京理科大学工学部)
文献題目	Evaluation of three techniques for wall-shear measurements in three-dimensional flows
著者	Ruedi, J. Nagib, H. Osterlund, J. & Monkewitz, P.
出典	Experiments in Fluids, Vol. 35, 389-396, 2003
キーワード	Wall shear stress, MEMS
概要	<p>油膜光干渉法、壁面固定熱線法、そして MEMS センサの3つの計測方法を用いて、2次元と3次元乱流境界層の壁面せん断応力の計測結果を比較し、MEMS センサの妥当性について詳しく検証した。干渉法は、壁面せん断力により油膜が薄くなる割合を直接計測するもので、非常に簡単な計測法であり、本研究では3次元流れに用いるので、せん断力の働く方向の検出に改善を試みた。熱線法は、壁面近傍に熱線素線を壁面に平行に配置し、粘性低層の直線速度分布則を利用している。MEMS センサは UCLA/Caltech グループにより開発された25個の4列のポリシリコン熱膜で、1つのサイズは $150\mu\text{m} \times 3\mu\text{m}$ である。深さ $2\mu\text{m}$ の真空キャビティを有する $200\mu\text{m} \times 200\mu\text{m}$ の窒化シリコンダイアフラム上に配置することにより、熱伝導の影響を取り除き、応答性を高めている。MEMS せん断応力センサとしてのポテンシャルについて検討し、時間平均量の計測には、正確な測定結果が得られるが、流れの角度特性、ならびにセンサ過熱比の増加によりセンサ破損することなどに対する課題が残されていることを示す。</p>

抄録作成者(所属)	本阿弥 眞治 (東京理科大学工学部)
文献題目	A novel system for measuring liquid flow rates with nanoliter per minute resolution
著者	Westin, K. Choi, C. & Breuer, K.
出典	Experiments in Fluids, Vol. 35, 635-642, 2003
キーワード	Flow rate, Micro-channel
概要	<p>液体の流量計測には、ステップモータ駆動のシリンジポンプ、出口での平衡法、そして流体のメニスカスを光学的に追跡する方法が一般に用いられ、ここでは、メニスカスを顕微鏡で追跡する流量計測法が述べられている。0.87 μm から 22 μm の流路高さを持つマイクロチャンネルにおいて、加圧された窒素により駆動される液体の微小流量計測について実験的に研究したものである。フィードバック制御されたトラバースステージ上に装着されたレーザ距離計を用いて、正確なボアホール内で自由表面(メニスカス)の変位が追跡された。不揮発性の物質を用いた時は、30 pl/s の微小流量の計測に成功し、エタノールやシリコンオイルのような蒸発性の液体では、0.1 nl/s の流量まで 5% の精度で計測された。流量が多い場合、あるいは不揮発性の流体を用いると、精度は格段に改善される。時間依存する流れの計測にも本装置は用いることができる。併せて、測定が長時間にわたり、不揮発性の流体を用いる場合、測定された流量に及ぼす分解された窒素の影響が観察され、それについて詳しく検討されている。尚、他の蒸発性の流体を用いた実験ではそのような影響を明確に確認できなかった。</p>

抄録作成者(所属)	本阿弥 眞治 (東京理科大学工学部)
文献題目	Characteristics of a hot-wire microsensor for time-dependent wall shear stress measurements
著者	Lofdahl, L. Chernoray, V. Haasl, S. Stemme, G. & Sen, M.
出典	Experiments in Fluids, Vol. 35, 240-251, 2003
キーワード	Micro Sensor, MEMS, Hot-wire
概要	<p>流れの制御技術の開発には、壁面せん断応力の計測が不可欠であり、従来、壁面せん断応力の計測には流れと熱伝達の相似性を利用した壁面センサや壁面近傍の速度を直接計測する熱線流速計が用いられている。正確な壁面からの距離を設定できるマイクロ製造技術やセンサの小型化などが可能な MEMS の利点を活かすことにより、流れを乱さず正確な壁面せん断応力の計測が期待できる。本論文では、MEMS 製造技術に基づき、壁面近傍の瞬時の速度こう配を計測する目的で熱線マイクロセンサが設計され、その特性が評価された。正確さと再現性に優れた各種のマイクロ形状や配置の製作が可能である MEMS 技術によりセンサは製作された。センサは支持プロングや壁面への熱の移動量を見積もることにより設計された。壁面から 50–250 μm の距離に位置するワイヤが製作され、検定された。併せて、圧力こう配が無い場合、圧力こう配がある場合の平板境界層の計測に適用され、定常特性に優れていることが判明している。そして、乱流境界層へ遷移する流れ場の計測に用いられ、高い周波数応答を示すことが判明している。</p>

抄録作成者(所属)	本阿弥 眞治 (東京理科大学工学部)
文献題目	Improving small laser light sheets by means of a diffractive optical element
著者	Peters, F. Grassmann, A. Schimmel, H. & Kley, B.
出典	Experiments in Fluids, Vol. 35, 4-7, 2003
キーワード	Optical element, Optical diffraction
概要	<p>流体実験においてレーザ光源からシート光を得るには、円筒レンズなどの光学部品を用いているが、本研究では、下図に示す断面形状を有する回折光学部品 (DOE) が計算機による回折計算、ならびに最近のマイクロスケール製造技術に基づき製作された。液滴の計測に適用したところ、2 W の円形アルゴンイオンレーザビームは回折光学部品を通過することによりトップハットの形状を有する矩形断面と平面波面を持つ形状にすることができた。ミー散乱に基づいて液滴の直径と反射率をもとめられた。トップハット形状はデジタルカメラで確認され、そして、液滴の縞の方向は波面に平行なので、平面波であることが液滴からの散乱光の縞の方向により確認された。課題は、従来の光学部品に比べ高価な点である。</p>
要約	

抄録作成者(所属)	本阿弥 眞治 (東京理科大学工学部)
文献題目	Measurement of local forcing on a turbulent boundary layer using PIV
著者	Park, Y. Park, S. & Sung, H.
出典	Experiments in Fluids, Vol. 35, 635-642, 2003
キーワード	Active control, Drag reduction, PIV
概要	<p>壁面せん断層中に存在する組織的渦構造を制御することにより壁面摩擦を減少させる試みが多く研究者によりなされている。本研究では、250mmの正方形断面で長さ 1200mm の水路において、壁面に設けられた壁スケールで幅 20、スパン方向長さ 1000 のスリットから周期的な吹出しと吸い込みによる励起を乱流境界層に適用している。流れ場の計測には 1024x1024 画素の CCD カメラを用いた PIV システムによりなされた。バースト周波数の整数倍に相当する 3 つの励起周波数と吹出すジェット吹出し角度に相当する局所励起角度 3 ケースについて実験され、局所励起を施すことにより壁近傍の速度が減少し、位相平均速度分布から、スリット下流ではスパン方向に軸を持つ大きなスケールの渦が発生し、かなり下流まで維持され、回復過程は緩やかであることが判明した。この渦の発生に伴う壁近傍の速度の減少割合は、壁面摩擦の減少を導き、励起周波数の増加とともに増加し、無次元周波数 0.088 で 75% の壁面摩擦の減少を得ている。併せて、3 つの励起角度の内、120 度の場合に壁面摩擦係数が最も減少し、スパン方向に軸を持つ渦の強さが最も大きく、移送速度は励起角度 60 度の場合に比べ遅いことが判明している。</p>
要約	

抄録作成者(所属)	村井 祐一, 大窪 智行 (北海道大学)
文献題目	An experimental study on a wake behind a torus using the UVP monitor
著者	Y. Inoue, S. Yamashita, M. Kumada
出典	Experiments in Fluids Vol.26 (1999)
キーワード	wake, torus, power spectra
概要	<p>トーラスの後流の構造を可視化およびUDMを用いて解析をしている。トーラスは、断面直径を d その断面中心の直径を D とするときのアスペクト比が $D/d=3$ および 5 を用いている。実験はこれらのトーラスの主流方向に対する角度を変化させ、後流の主流方向およびスパン方向の流速をUDMで計測している。得られた時空間データを2点相関、速度変動のパワースペクトル、時空間平均流速などを用いて定量的に後流構造を評価している。さらに水素気泡法およびelectrolytic-precipitation法により得られた可視化写真との比較も行っている。</p> <p>結果、トーラスの角度がゼロのとき後流の構造はトーラスのアスペクト比が支配的になること、角度を変化させると流れの構造は4つのモードに分類できるとしている。また、それらの結果は可視化写真でも確認されている。</p>

抄録作成者(所属)	村井 祐一, 大窪 智行 (北海道大学)
文献題目	On the spatio-temporal structure of cylinder wakes
著者	I. Peschard, P. Le Gal, Y. Takeda
出典	Experiments in Fluids Vol.26 (1999) 188-196
キーワード	cylinder wakes, spatio-temporal structure, hot-wire, visualization
概要	<p>直径を d 長さを l としたときのアスペクト比が小さなシリンダ ($\Gamma=l/d=5$) における Benard-Karman wake の時空間構造を解析するため、熱線流速計、UDM および可視化により計測を行っている。熱線流速計の結果よりシリンダの後流は Hopf bifurcation によって表されることを確認している。</p> <p>UDM は、スパン方向および主流方向の時空間速度分布を計測している。スパン方向計測では、渦の放出がしっかりと確認されている。主流方向計測では、シリンダ後流の $3.5d$ の位置を境に流れの構造が変化するのが確認され、後流の絶対不安定のサインであるとしている。また、軸対象渦の放出も確認され、これらは染料を用いた可視化結果と比較されよく一致している。</p>

抄録作成者(所属)	村井 祐一, 大窪 智行 (北海道大学)
文献題目	Spiral and circular waves in the flow between a rotating and a stationary disk
著者	L. Schouvelier, P. Le Gal, M. P. Chauve, Y. Takeda
出典	Experiments in Fluids Vol.26 (1999) 179-187
キーワード	Stability, boundry layear, rotating disk
概要	<p>円筒内で平行に置かれた二枚の円盤は一枚が回転し、一枚は静止している。このとき、円盤の回転数をあげていくと、やがて静止円盤上の境界層の不安定性により円盤間の流体に同心円で外周から中心へ向かう周期的な渦を描き、さらに回転数をあげると流れは中心に向かうらせんを描くことが可視化により示されている。そこで、円盤間の円盤に平行な流れおよび中心軸方向の流れを UDM により計測し、周波数解析を行っている。</p> <p>結果、同心円のとき中心軸方向についてになった渦がある二層構造であるとしている。その周波数は回転円盤の回転周波数によってきまる。</p> <p>さらに回転をあげると、円盤上で二次不安定が発生しらせんを描くとしている。らせんの数は不連続に変化すると報告している。</p>
要	

抄録作成者(所属)	村井 祐一, 大窪 智行 (北海道大学)
文献題目	An experimental study of a spanwise structure around a reattachment region of a two-dimensional backward-facing step
著者	N.Furuichi, M.kumada
出典	Experiments in Fluids Vol.32 (2002) 179-187
キーワード	reattachment, turburent intensity, backward-facing step
概要	<p>二次元ステップ後流の流れは三次元渦構造を持つことが良く知られているにもかかわらず、スパン方向の流れには独立として扱うのが一般的である。そこで、ステップ後流の再付着点付近でのスパン方向の速度分布を UDM により計測し、直行相互相関、インテグラルスケールおよびパワースペクトル解析により流れの構造を調べている。</p> <p>解析結果より、最付着点の壁近傍では主流に比べ流速は小さいがスパン方向に正負の流れが交互に現れる構造を確認している。また、スパン方向速度の乱れ強さは壁近傍の中心で最大を示している。これらより、スパン方向の流れは非定常三次元構造であることを提案している。</p> <p>スパン方向速度変動の持つ低周波数を解析した結果 0.05 および 0.012 に得意なピークが現れた。0.05 はフラッピングの周波数に良く一致し、0.012 は主流方向を計測したときの渦が通過する周波数に良く一致した。</p>
要	

抄録作成者(所属)	村井 祐一, 大窪 智行 (北海道大学)
文献題目	Then ultrasonic velocity profile measurement of flow structure in the near field of a square free jet
著者	Y.Inoue, S.Yamashita, K.Kondo
出典	Experiments in Fluids Vol.32 (2002) 170-178
キーワード	Coherent structure, free jet
概要	<p>正方形ノズルから噴出されたジェットの出近傍における流れを UDM により計測し, FFT, POD およびウェーブレットにかけ流れの特性を調べている. まず, 正方形の一辺と向かい合う辺それぞれの中心を結ぶ線方向の流速分布 [①] および角を結ぶ対角線方向の速度分布 [②] を計測した. 出近傍の流体構造は中心ジェットおよび環状の混合層からなり [①] の方向に急速に拡大している. ウェーブレット変換を用いてジェット軸方向にエネルギーがどのように変化をしていくかを見ている. その結果, 出近傍ではジェット本来のエネルギーが支配的であり, 次に渦のカップリングによるエネルギーが支配的となる. 最後に POD を用いて軸方向のコヒーレント構造について調べている. 結果, [①] [②] のコヒーレント構造は各々の混合層の中心に置かれるとしている.</p>

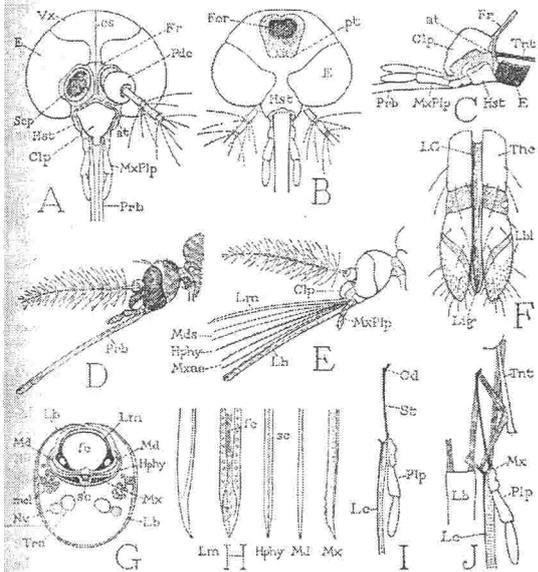
抄録作成者(所属)	村井 祐一, 大窪 智行 (北海道大学)
文献題目	Measurement of Liquid Turbulent Structure in Bubbly Flow at Low Void Fraction Using Ultrasonic Doppler Method
著者	Hideki MURAKAWA, Hiroshige KIKURA and Masanori ARITOMI
出典	Journal of NUCLEAR SCIENCE and TECHNOLOGY, Vol 40, No.9, p.644-654(September 2003)
キーワード	bubbly flow, two-phase flow, turbulent structure, Reynolds stress, wake
概要	<p>気液二相流における乱流構造の計測に UDM を用いたっている. 実験は長方形断面 (20×100mm) をもつ水路を垂直に設置し, 下方から上方に向け気液二層流を流し, UDM により水路内の速度分布を計測している. そのときのボイド率は3%以下である.</p> <p>液体流速と気泡流速をデータ処理によってそれぞれ求めている. さらに液体流速はその分布形状より, 気泡後流の影響があるものとなないものに分けられる. それらをもとに気液二層流の平均速度, 変動速度およびレイノルズ応力をもとめ, 気泡による液体流速の乱流構造への影響を調べている.</p> <p>結果, 気泡は液体の平均速度を増加させ, 壁面近傍ではそれが顕著に表れること. レイノルズ数 $Re = 2DU/v$ が 1593 以上 (遷移域) では乱流は抑制されること. レイノルズ応力は気泡により影響を与えられ, 特に低レイノルズ数のときに強く現れること. レイノルズ数が大きくなるにつれ壁面近傍のレイノルズ応力も増大すること. 気泡の後流の影響は壁面近傍のレイノルズ応力に増大させ, 乱流を起こさせる働きをすることを報告している.</p>

抄録作成者(所属)	村井 祐一, 大窪 智行 (北海道大学)
文献題目	Flow measurement on an oscillating pipe flow near the entrance using the UVP method
著者	G. Yamanaka, H. Kikura, Y. Takeda, M. Aritomi
出典	Experiments in Fluids Vol.32 (2002) 212-220
キーワード	oscillating pip flow, annular effect, FFT
概要	UDM によって時間依存流れの速度分布を得る方法を確立し、発達流れの特性を明らかにすることを目的としている。実験はクランク機構をもったピストンにより作られる管内振動流を扱っている。特に、ピストンの影響によって乱される領域 entrance length に注目し UDM による計測を行っている。そのため、予備実験として試験流体と反射体としてのマイクロ粒子との関係、音速と壁材との関係を見積もっている。
要	単振動している流体が層流か乱流かによって大きく速度分布に影響を及ぼす。乱流のときに現れるアニュラー効果ははっきりと計測されており、振動流のような非定常流れに関しても計測されている。層流において entrance length は非常に短い、対して乱流では層流に比べ長くなる。データを FFT 解析することにより、周波数特性を見た。結果、乱流域ではピストン近傍で高調波が見られた。また、単振動流の entrance length は境界層厚さがうすくなったときに長くなる。これは定常流のときとは逆の現象である。

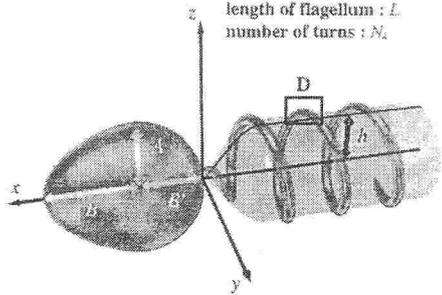
抄録作成者(所属)	村井 祐一, 大窪 智行 (北海道大学)
文献題目	Transient flow of highly concentrated suspension investigated using the ultrasound velocity profiler-pressure difference method
著者	Boris Ouriev, Erich Windhab
出典	Measurement Science and Technology. Vol.14 1963-1972 (2003)
キーワード	pressure driven flow, concentrated suspension
概要	高濃度の懸濁液に対する非接触計測方法として UVP-PD を提案している。UVP-PD は UDM による管内の速度分布計測と同時に計測域前後の圧力差を計測し、流れの構造、流量およびその安定性をリアルタイムで計測する手法である。そこで UVP-PD の有効性を確かめるため懸濁液としてシリコンオイルにコーンスターチを混ぜたものを用い、管内の定常流れおよび過渡流れの計測を行っている。懸濁液には〔①〕コーンスターチ濃度は全質量に対して 30wt%, シリコンオイルは AK50 (せん弾粘性係数 $\eta=48.5\text{mPa}\cdot\text{s}$) と〔②〕40wt%, AK10 ($\eta=9.8\text{mPa}\cdot\text{s}$) を用いている。このとき定常流における管内の速度分布形状は〔①〕ではパラボラとなり、〔②〕では乱流分布のような管中心近傍で平坦な形状をとる。
要	それぞれの流れは最大流速を等しくし、その流れの駆動を停止して速度がゼロとなるまでの過渡現象のついて計測を行っている。このとき、〔①〕〔②〕ともに速度がゼロとなるまでの時間は実時間で約 2.8 秒である。この速度分布から得られた 0.1 秒毎の最大流速と等しい定常流れも計測している。そこで過渡現象を定常流とを比較し、過渡現象における速度分布を指数法則に照らし合わせ、流れにどのような影響をおよぼすかを報告している。

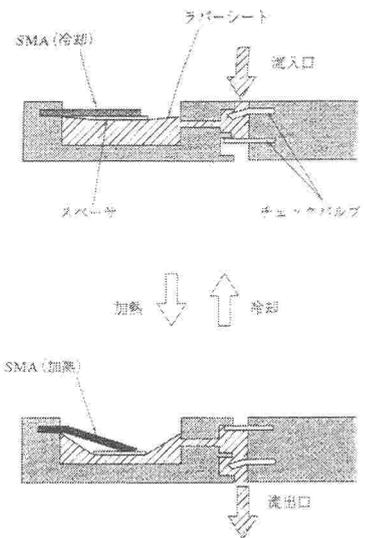
抄録作成者(所属)	村井 祐一, 大窪 智行 (北海道大学)
文 献 題 目	Ultrasonic Doppler velocimetry in liquid gallium
著 者	Daniel Brito, Henri-Claude Nataf, Philippe Cardin, Julien Aubert, Jean-Paul Masson
出 典	Experiments in Fluids Vol.31 (2001) 653-663
キーワード	liquid metals, ultrasonic Doppler velocimetry, liquid gallium
概 要	<p>液体金属の液体ナトリウム (融点 98°C) は導電性がとてもよい。いま, これを発電に利用しようという計画がされている。そこで液体金属の非接触流速計測法として UDM を提供したい。そこで, 液体金属として液体ガリウム (融点 29.8°C) を用い, UDM の有用性, 問題点および解決方法について細かな考察を行っている。実験はシリンダ内に入れられた回転円盤による渦流れを計測している。有用性の考察のために同じ実験を水においても行っており, 円盤に同じ回転数を与えた場合ガリウムと水はほぼ一致した。その他多くの点で有用性を確かめている。その中で一番の問題はガリウムの酸化だとする。そのため, 流体中の酸化物が超音波の透過を妨げ計測を困難または不可能にする。実際, 液体ナトリウムのそれはガリウムより激しい。この問題の解決策として 10%HC 1 エタノール溶液で還元させるのが一番良いとしている。</p> <p>最後に液体ナトリウムの計測も行っている。融点や酸化のしやすさなどにより液体ガリウムほど信頼性は高くない。</p>

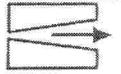
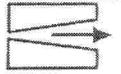
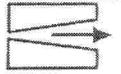
抄録作成者(所属)	村井 祐一, 大窪 智行 (北海道大学)
文 献 題 目	Development of a novel flow metering system using ultrasonic velocity profile measurement
著 者	M. Mori, Y. Takeda, N. Furuichi, M. Aritomi, H. Kikura
出 典	Experiments in Fluids Vol.32 (2002) 153-160
キーワード	flow metering, transient flow, NIST, deviation, absolute accuracy
概 要	<p>UDM の工業的な応用として, 管内流量計測システムの開発を行っている。その基礎は, UDM により計測された管内の速度分布を管断面で積分することにより流量を算出する。この算出過程は流量の定義に則しており, 高精度な計測が期待される。</p> <p>まず UDM の多線計測を行い, 管内流速分布のマッピングを行っている。これにより, 回転流など複雑な流れにも対応が可能であることを示している。次に, 単線計測より得られた速度分布より流量を求め, 電磁流量計およびオリフィス流量計との比較を行い良く一致している。また, 間欠的な流れの計測を行い応答性の速さも示している。</p> <p>最後にアメリカの標準流量検定施設である NIST で検定を行い, $Re=400K$ のとき誤差が 0.18%, $Re=2.6M$ のとき 0.58% であったことを報告している。また, 再現性も良い。これらの値は, 他の超音波流量計の誤差に比べ一桁小さい値である。</p>

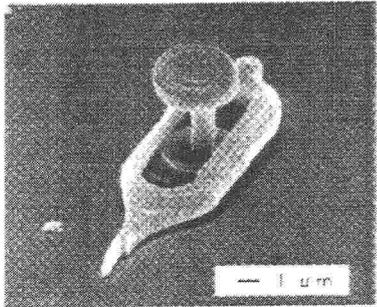
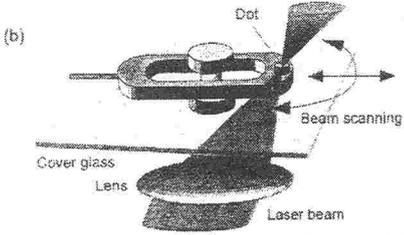
抄録作成者(所属)	望月 修 (東洋大学)
文献題目	The anatomical life of the mosquito
著者	Snodgrass, R. E.
出典	Smithsonian Miscellaneous Collections, Vol. 139 (1964), pp. 1-87.
キーワード	Micro-biology, Anatomy, Mosquito
概要	<p>蚊における詳細な解説記事である。蚊は環境に適応し優れた能力を持っている。マラリアを媒介することもあり、蚊の特徴を調べておくことは重要である。血を吸う部分は針部分、2つのポンプ、貯蔵タンクから成る。針の刺し方の観察が行われている。ポンプ部分の構造のスケッチがなされている。これは頭部に2つ有り、両者は180°の位相差をもって動く。タンク部分は腹部に存在する。血を吸うのは雌のみである。</p> 

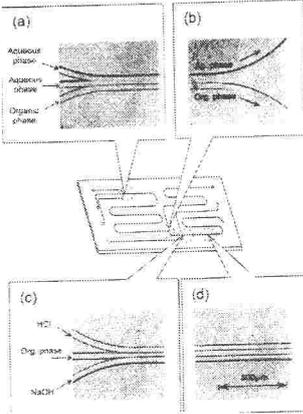
抄録作成者(所属)	望月 修 (東洋大学)
文献題目	トンボの翅構造に関する研究
著者	須藤誠一, 露木浩二, 橋本弘之, 片桐一成
出典	日本機械学会論文集 (B), 62 巻 599 号(1996-7), 2674-2678
キーワード	Biofluid Mechanics, Biomechanics, Aerodynamics, Electron Microscope
概要	<p>トンボの優れた飛行能力に着目し、その羽の動き、構造を調べたものである。特に微細構造と運動特性の関連について述べている。写真は羽の脈外表面に見られる棘状の構造である。3000倍の拡大写真である。この棘状構造は前縁、後縁を除く各脈上に数個程度の割合で多数存在している。機能については不明であるが、境界層流れと関連しているものと著者らは考えている。トンボの羽ばたき周波数はトンボの質量の-1/6乗に比例していることを明らかにしている。</p> 

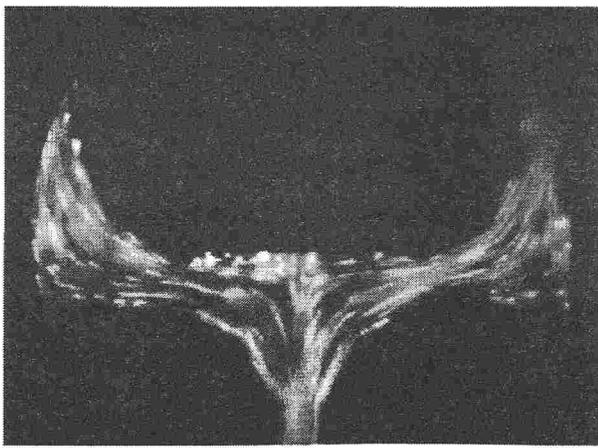
抄録作成者(所属)	望月 修 (東洋大学)
文献題目	らせん状べん毛を有する微生物の最適形状
著者	藤田達也, 河合達雄
出典	日本機械学会論文集 (B), 67 巻 655 号(2001-3), 753-758
キーワード	Bio-Fluid Mechanics, Flagella, Numerical Analysis, Microorganism
概要	<p>微生物でべん毛を用いて運動しているものがあり, その構造・運動機構をマイクロマシンへ応用することを考えている。べん毛の運動を数値シミュレーションにより解析し, 微生物の形が運動に及ぼす影響を調べ, その最適形状を求めている。8つの無地源パラメータを選びそれぞれが最適形状決定に及ぼす影響を明らかにしている。その結果, 微生物は運動効率の面で優れていることを結論づけている。</p>
要	

抄録作成者(所属)	望月 修 (東洋大学)
文献題目	化学 I C が拓くバイオマイクロデバイス
著者	生田幸士
出典	化学装置, 2002 年 2 月号, 48-35
キーワード	Biochemical IC, マイクロ光造形, タンパク質合成
概要	<p>微細な流路, 反応器, 分離精製器, ポンプ, バルブ, センサ, 演算回路などがマイクロ化されパッケージングされている化学 I C, その微細構造, 図に示すマイクロポンプの機能解説, チップ内での無細胞タンパク質合成の実現化への指針などが解説されている。以下にコンセプトを打ち出し世界をリードしているか否かは新たな発想力を生み出す教育とキャンペーンが必要であることを説いている。</p>
要	

抄録作成者(所属)	望月 修 (東洋大学)													
文献 題 目	化学・生化学へのMEMS技術の応用													
著 者	庄子習一, 佐藤寛暢, 本多信雄, 船津高志													
出 典	半導体・集積回路技術第 63 回ソポジウム講演論文集, 招待講演,66-71(2002)													
キーワード	BioMEMS, Fabrication, Teflon, Micropump													
概 要	<p>マイクロ流体素子の中でマイクロポンプに注目して解説している。代表的なマイクロポンプの特性をまとめて表に示している。さらなる小型化を訴えている。</p>													
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Actuator</th> <th>Check Valve</th> <th>Maximum Flow Range</th> <th>Maximum Output Pressure</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">  Piezoelectric Disk </td> <td>  Diffuser/Nozzle </td> <td>2.3ml/min (1kHz)</td> <td>7.6 mH₂O</td> </tr> <tr> <td>  Cantilever (Bulk Si) </td> <td>1ml/min (120V, 220Hz)</td> <td>9.0 mH₂O</td> </tr> <tr> <td>  Membrane (Polycarbonate) </td> <td> 400 ul/min (70Hz) 3.5 ml/min (Air) </td> <td> 21 mH₂O 500 hPa (Air) </td> </tr> </tbody> </table>	Actuator	Check Valve	Maximum Flow Range	Maximum Output Pressure	 Piezoelectric Disk	 Diffuser/Nozzle	2.3ml/min (1kHz)	7.6 mH ₂ O	 Cantilever (Bulk Si)	1ml/min (120V, 220Hz)	9.0 mH ₂ O	 Membrane (Polycarbonate)	400 ul/min (70Hz) 3.5 ml/min (Air)
Actuator	Check Valve	Maximum Flow Range	Maximum Output Pressure											
 Piezoelectric Disk	 Diffuser/Nozzle	2.3ml/min (1kHz)	7.6 mH ₂ O											
	 Cantilever (Bulk Si)	1ml/min (120V, 220Hz)	9.0 mH ₂ O											
	 Membrane (Polycarbonate)	400 ul/min (70Hz) 3.5 ml/min (Air)	21 mH ₂ O 500 hPa (Air)											

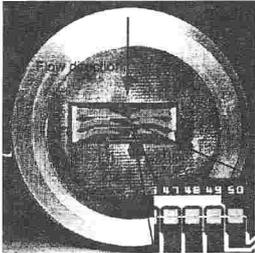
抄録作成者(所属)	望月 修 (東洋大学)
文献 題 目	Submicron manipulation tools driven by light in a liquid
著 者	Maruo, S, Ikuta, K, and Korogi, H
出 典	Applied Physics Letters, vol. 82, No. 1 (2003-1), 133-135
キーワード	Manipulation, Nanoscale, SEM, Optical drive, Microneedle
概 要	<p>マイクロピンセット, マイクロニードルなどを Two-photon マイクロステレオリソグラフィによって作った。それらを波長 763 nm, パルス幅 130fs, 周波数 82MHz の Ti:sapphire レーザーを用いて動かした。写真はマイクロニードルで, 動作方法を下図に示した。将来このような光駆動マイクロナノマニピュレーションツールとして 3次元流体素子上に搭載していく考えを述べている。</p>
	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="flex: 1;">  <p>(a)</p> </div> <div style="flex: 1;">  <p>(b)</p> </div> </div>

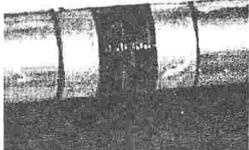
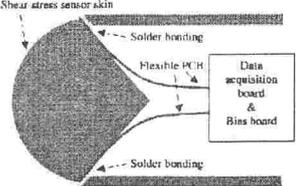
抄録作成者(所属)	望月 修 (東洋大学)
文献題目	Continuous-Flow Chemical Processing on a Microchip by Combining Microunit Operations and a Multiphase Flow Network
著者	Tokeshi, M., Minagawa, T., Uchiyama, K., Hibara, A., Sato, K., Hisamoto, H. and Kitamori, T.
出典	Anal. Chem. 74-7 (2002-4), 1565-1571.
キーワード	Microchip, Chemical reaction, Microunit
概要	<p>硫酸銅溶液, 水酸化ナトリウム, 窒素化合物, 塩化水素溶液, m キシレンなどを用いて, マイクロ流路内における化学反応を行った. Thermal レンズ顕微鏡によって観察した. 流体はシリンジポンプで流した. 流体を流しながら化学反応をマイクロ流路内で行うことが目的である. 写真はマイクロ流路内における水と m キシレンの流体界面を示している. (b) の部分はフェーズセパレーター, (c) 部分は合流, (d) 部分は3角流体の界面を示している.</p>
要	

抄録作成者(所属)	望月 修 (東洋大学)
文献題目	Experimental Observations of Liquid Flow in Micro Conduits
著者	Bau, H. H. and Pfahler, J. N.
出典	39 th AIAA Aerospace Sciences Meeting & Exhibit (2001-1), AIAA-2001-0722
キーワード	Micro-Conduit, Flow Visualization, T junction, Silicon
概要	<p>深さが 0.5 ~ 200μm のマイクロチャンネル内を流れるイソプロピルアルコール, シリコンオイル, 蒸留水の見かけの粘性を測定した. また, T型接合部分における流れの仮死かを行った. その結果を図に示す. これらの結果, 乱流に遷移するレイノルズ数について述べている.</p>
要	

抄録作成者(所属)	望月 修 (東洋大学)
文献題目	A Novel Injection Method for High-Speed Proteome Analysis by Capillary Electrophoresis
著者	Tabuchi, M. and Baba, Y.
出典	Electrophoresis 2002, Vol. 23 (2002), 1138-1145.
キーワード	Capillary Electrophoresis, Injection, Proteome Analysis
概要	タンパク質の分離・合成を迅速に行えるよう、毛細管への電氣的インジェクション方法を開発した。注入時間を短縮するために、8秒間8 kVを印可する。いくつかの印可方法を変え実験を行った。それぞれの原理を図に示す。その他、圧力をかける影響などが述べられている。
要	

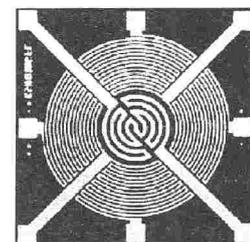
抄録作成者(所属)	望月 修 (東洋大学)
文献題目	Transportation of Micromachined Structures by Biomolecular Linear Motors
著者	Yokokawa, R., Takeuchi, S., and Kon, T.
出典	IEEE 2003, Paper No. 0-7803-7744-3, 8-11.
キーワード	Biomolecular, Transportation, ATP, Motor
概要	ATP を用いたマイクロ・ナノ移動システムを示した。チューブリン-キネシンとアクチン-ミオシンの2つのドライビングシステムを観察した。これらをコーティングしてその運動を調べた結果を図に示す。これらのコーティングの精度を上げる必要がある。
要	

抄録作成者(所属)	山下 新太郎 (岐阜大学)
文献題目	Evaluation of three techniques for wall-shear measurements in three-dimensional flows
著者	Ruedi, J-D., Nagib, H., Österlund, J. & Monkewitz, P.A.
出典	Experiments in Fluids 35 (2003) pp.389-396
キーワード	Surface hot-film sensor, Evaluation, Two- and three-dimensional wall flow
概要	<p>3種類の表面摩擦測定手法（油膜干渉計法，Hot-Wire，MEMS せん断応力センサ）の比較実験を行っている。S字型のダクトを使用し，二次元および三次元の乱流境界層について測定を行っている。MEMS せん断応力センサとして，Jiang ら(UCLA/Caltech)が開発した寸法 150μm\times3μm の多結晶シリコン熱膜を，300μm 間隔で 4\times25 個配置したものを使用している。まず基本特性について，周囲の圧力，温度変化，および伝熱の影響を検討した後，方向特性，平均せん断応力の測定を行っている。その結果，再現性にとって重要な伝熱の問題は，センサの最適設計と集積化によりその影響を最小化している。また，平均せん断応力は精度良く計測できるが，方向特性については，cos 法則がおおよそ成立するものの分布の対称性に問題があり，Hot-Wire と比較して精度良い測定は困難であることを示している。引き続き，壁面せん断応力の非定常計測に関する研究 (Ruedi et al., Exp. in Fluids, web published) が行われている。</p>
要	 <p>MEMS sensor chip after integration</p>

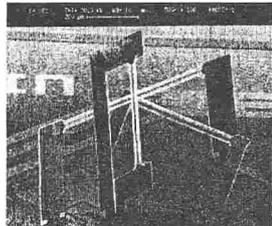
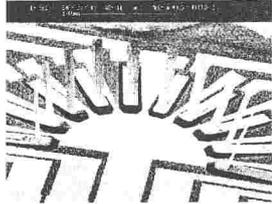
抄録作成者(所属)	山下 新太郎 (岐阜大学)
文献題目	Flexible shear-stress sensor skin and its application to unmanned aerial vehicles
著者	Xu, Y., Jiang, F., Newbern, S., Huang, A., Ho, C-M. & Tai, Y-C.
出典	Sensors and Actuators A 105 (2003), pp.321-329
キーワード	Flexible skin, Shear-stress sensor, UAV, Flow separation
概要	<p>本論文では，フレキシブルなせん断応力センサ (P-SC298 マイクロ EFD 調査研究分科会 成果報告書, pp.12-13, p109 からの発展) の開発方法と，デルタ翼を持つ無人飛行機(UAV)への応用が示されている。今回特に改良された点は，試験モデルへ装着する場合のセンサのパッケージングであり，その製作過程は，センサのパッド部に半田した後エポキシ系の接着剤を塗布し，一定圧力で焼結してフレキシブルな基盤 (PCB) と結合するといった非常に簡素化されたものとなっている。センサ (8.3\times33mm²の領域内に 36 個，一次元的に配列) は，直径 1.27cm の半円筒状の翼前縁に取り付けられており，これにより 0\sim180$^{\circ}$の範囲の測定が可能となる。迎え角 10, 12.5$^{\circ}$，速度 17.5, 11m/sec の場合について，取得した平均値および rms 値からはく離点の移動する様子を捉えている。</p>
要	 <p>Flexible sensor skin installed on the leading edge</p>  <p>Packaging scheme of the sensor skin on the leading edge</p>

抄録作成者(所属)	山下 新太郎 (岐阜大学)
文献題目	Pressure sensitivity of a thermal shear stress sensor
著者	Clendenin, J., Gordon, M. & Tung, S.
出典	Proceedings of ASME FEDSM'03 (2003), FEDSM2003-45066
キーワード	Thermal Shear-stress sensor, Pressure sensitivity,
概要	<p>本論文はせん断応力センサの感圧特性を調べたものである。水中への適用を考慮して、センサの特性に及ぼす周囲圧力の影響を、実験および数値シミュレーション (ANSYS) から検討している。センサは下部に真空キャビティを持つ、窒化シリコンダイアフラム上に置いた多結晶シリコンの熱膜をセンシング部とする熱伝達式センサである。真空キャビティは伝熱損失の減少に対しては有効に作用するが、周囲の環境によってはダイアフラムがたわむため、4種類のセンサ寸法 (厚さ 4μm, 長さ 210μm, 幅 75, 100, 150, 210μm) について周囲圧力の影響 (0.43 ~ 8.7psig) を調べている。解析の結果、寸法が 210\times210μm のセンサは、周囲圧力の増加と伴に抵抗が減少すること、その変化は内部応力と適切なゲージ係数でかなり正確に説明できることを示している。また、抵抗減少の勾配はセンサ幅の減少と伴に緩やかになり、幅 75μm の場合には周囲圧力の増加と伴って抵抗が増加することを示している。</p>

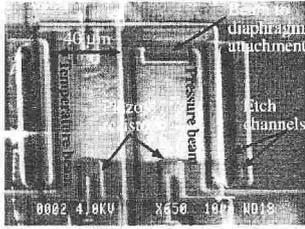
抄録作成者(所属)	山下 新太郎 (岐阜大学)
文献題目	A flow direction sensor fabricated using MEMS technology and its simple interface circuit
著者	Park, S., Kim, S., Kim, S. & Kim, Y.
出典	Sensors and Actuators B 91 (2003), pp.347-352
キーワード	Flow direction sensor, Circular-type, ASIC
概要	<p>任意の流れ方向の検出が可能な熱トレーサ式流れセンサを提案している。センサは、流れの方向の変化によらず一定の出力が得られるよう円形形状で、中央部に設置された1つのヒーターと、それを取り囲む4つの検出器から構成されている。このセンサは、流れによる温度変化に応答する4つの検出器の相対的な出力差に基づいて動作する。抵抗素子として使用されているPtは、シリコンウエハー上にスパッタリングされ、リフトオフ工程で回路パターンが作成されている。さらに、シリコンダイアフラムは、回路パターンの裏側に背面エッチングにより作成されている。センサのインターフェース回路は、一般的な増幅器とオペアンプで設計され、CMOS技術を用いてASICに集積されている。流速 5, 10 m/s の場合について基本特性を調べた結果、応答時間は約 10sec, 最大の角度のずれは 5°で、流れ方向の検出のために適用可能であることを示している。</p>

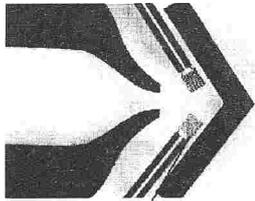


Circular-type flow direction sensor

抄録作成者(所属)	山下 新太郎 (岐阜大学)	
文献 題 目	Two-dimensional micromachined flow sensor array for fluid mechanics studies	
著 者	Chen, J., Fan, Z., Engel, J. & Liu, C.	
出 典	Journal of Aerospace Engineering, ASCE 16-2 (2003), pp.85-97	
キーワード	HWA, Lateral line sensor, Haircell sensor, Design and fabrication process	
概 要	<p>新しい手法を用いて、マイクロマシン加工技術で製作した2つの流れセンサ、①熱線流速計、②生物学的発想（魚の側線）に基づく流れセンサ、について検討している。これらのセンサは PDMA (plastic deformation magnetic assembly method) と呼ばれる三次元組み立て手法によって実現されたもので、2成分あるいは3成分の流れのセンシングが可能となるよう、効果的かつ高密度に配置されている。HWA は Pt/Ni/Pt フィルムを熱素子とし、耐熱性のポリマー材で作製した支持梁を用いることで、平面から持ち上がった形状を取ることができる。2つ目のセンサは、運動量輸送の原理を利用したもので、水平の片持ち梁に取り付けられている直立した繊毛構造から成る。本論文では、これらのセンサについて、その製作手法並びに基本的な特性試験の結果を示している。</p>	 <p>SEM of 3-dim. HWA sensor</p>  <p>SEM of haircell sensors array</p>

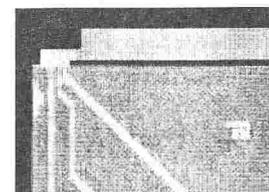
抄録作成者(所属)	山下 新太郎 (岐阜大学)	
文献 題 目	Modern developments in shear-stress measurement	
著 者	Naughton, J.W. & Sheplak, M.	
出 典	Progress in Aerospace Science 38 (2002), pp.515-570	
キーワード	Skin friction, MEMS, Interferometry, Thin films, Liquid crystal	
概 要	<p>本論文は、表面摩擦測定手法の比較的最近の分類に従って、3つの計測手法、MEMS 技術に基づくセンサによる計測法、油膜干渉計法、および液晶による計測法、をレビューしたものである。これらの手法について、その原理、開発手法、適用限界、不確かさ、および誤った概念について解説している。また、これら手法の、現在と将来に向けての適用方法についても検討している。MEMS 技術に基づく手法は、これらの点を踏まえると、将来非常に有望であるが、信頼し得る道具となるためには更なる発展が必要であることを指摘している。油膜干渉計法については、性能が向上し、従来のプレストン管、クラウザー線図法よりも精度良く測定できること、この手法を用いる機会が増えるであろうことを指摘している。液晶によるものは、モデル全体にわたる平均せん断応力ベクトルの計測が可能であるが、その較正の煩雑さが問題であるとしている。</p> <p>なお MEMS 加工技術に基づく計測手法として、直接測定(浮動片要素)センサ、伝熱型センサ、レーザーに基づくセンサについての解説、および将来展望が記されている。</p>	

抄録作成者(所属)	山下 新太郎 (岐阜大学)	
文 献 題 目	A temperature compensated dual beam pressure sensor	
著 者	Melvås, P., Kälvesten, E. & Stemme, G.	
出 典	Sensors and Actuators A 100 (2002), pp.46-53	
キーワード	Pressure sensor, Temperature compensation, Force transducing beam	
概 要	<p>表面マイクロマシニング法によって作製される新しい圧力センサを提案している。センサは温度補償機構を有し、この原理を利用した梁構造である。圧力検出部は、$80 \times 40 \times 1 \mu\text{m}$ の梁に取り付けられたピエゾ抵抗素子からなる。この梁は、$100 \times 100 \times 2 \mu\text{m}$ の多結晶シリコンダイアフラムに近接し、片側はシリコンダイアフラムに、もう一方はキャビティに固定されている。従って、全ての部分が真空キャビティ内に収まる。温度補償用のピエゾ抵抗素子もまたキャビティ内に配置された梁 ($100 \times 40 \times 1 \mu\text{m}$) に取り付けられている。この梁の両端はキャビティに取り付けられているため、圧力変化に対して無反応である。特性試験の結果、新しいセンサは圧力感度に優れ ($0.8 \mu\text{V}/(\text{V mmHg})$)、小さな温度依存性 (従来の手法と比較して、そのずれが 6% から 3% に減少) を示すことがわかった。また、このセンサは周囲環境から隔離されているので、将来的には血管内の流れ等に適用することが可能である。</p>	 <p>SEM of a fabricated dual beam pressure sensor</p>

抄録作成者(所属)	山下 新太郎 (岐阜大学)	
文 献 題 目	A novel micromachined flow sensor using periodic flapping motion of a planar jet impinging on a V-shaped plate	
著 者	Lee, G-B., Kuo, T-Y. and Wu, W-Y.	
出 典	Experimental Thermal and Fluid Science 26 (2002), pp.435-444	
キーワード	Microflow sensors, Flapping motion, V-shaped plates, Bio-MEMS	
概 要	<p>微小な速度と流量の検出が可能で新しいマイクロフローセンサについて、その原理、製作手法、特性試験 (Reynolds 数の範囲は $0.2 \sim 5.4$) の結果を示している。従来のような直流電流あるいは電圧信号の変化を検出する代わりに、噴流の周期的なフラッピング運動の検出から速度および流量を測定することを試みている。マイクロセンサは平面縮小ノズル、V字型プレート、一対の検出器により構成され、メタルマスクを用いて石英基盤にウェットケミカルエッチングすることにより製作されている。寸法はノズル幅 $H=360 \mu\text{m}$、絞り比 6.25、V字型プレートまでの距離は $4H$ と $7.75H$、V字角度は 70° と 110° である。フラッピング運動が微小速度においても生じることを実験的に確認し、流れの可視化から得られた結果と電氣的に得られた結果とが一致することを示している。その結果高い感度と広いダイナミックレンジ (体積流量 2 nl/s、速度 $0.15 \sim 4 \text{ mm/s}$) の測定が可能であることを示している。</p>	 <p>Sensing resistor</p> <p>Photograph of a microflow sensor</p>

抄録作成者(所属)	山下 新太郎 (岐阜大学)
文献 題 目	Characterization of a Silicon-Micromachined Thermal Shear-Stress Sensor
著 者	Sheplak, M., Chandrasekaran, V., Cain, A., Nishida, T. & Cattafesta III, L.N.
出 典	AIAA Journal 40-6 (2002), pp.1099-1104
キーワード	Thermal shear-stress sensor, Static sensitivity, Dynamic calibration
概 要	<p>熱伝達式せん断応力センサ (Silicon-micromachined) の詳細な特性が報告されている。センサは Pt を抵抗素子とし、真空キャビティを有する熱膜センサで、定電流型回路 (補償回路はなし) により作動する。特性試験は、種々の過熱比について、4 ピンチップ法 (4-point probe configuration) により行われている。静特性は、過熱比 0.2~1.0, せん断応力 0~1.7 Pa の範囲で行われ、また、動特性は、過熱比 0.6~1.0, 平均せん断応力 0.03~0.05 Pa の場合について、0.2~7 kHz の周波数範囲で行われている。ノイズフロアスペクトルの結果から、本センサの検出可能な最小せん断応力は 9μPa/Hz であり、センサのダイナミックレンジは 100dB 以上 (9μPa~1.7Pa) となっている。このとき、センサの感度は過熱比の増加と共に増加し、平均せん断応力の減少と共に減少する。また、動特性は二次遅れ系の特性曲線を示し、コーナー周波数はおよそ 600Hz, ロールオフ率は高周波数域で 40dB/decade である。</p>

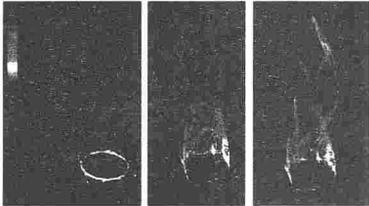
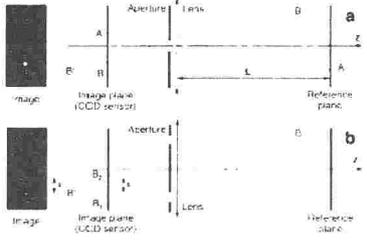
抄録作成者(所属)	山下 新太郎 (岐阜大学)
文献 題 目	A MEMS surface flow sensor for wall shear stress measurement in turbulent flow areas
著 者	von Papen, T., Ngo, H.D., Obermeier, E., Schober, M., Pirskawetz, S., & Fernholtz, H.H.
出 典	Transducers '01 / Eurosensors XV – Proc. 11 th Int. Conf. on Solid-State Sensors & Actuators, Vol.2 (2001), pp.1476-1479
キーワード	Surface fence, Wall shear stress, Deflection of fence
概 要	<p>MEMS 技術を用いて製作したサーフェスフェンスセンサについて検討している。これは、流れの中に設置したフェンスの両側に生じる圧力差によって、フェンスがたわむことを利用して壁面せん断応力を計測するもので、ピエゾ抵抗素子により検出され、電気信号に変換される。本論文では、3 種類のフェンスサイズとフェンスの支持方法 (高さ 300μm, fully connected, 高さ 175μm, 4 beam, 高さ 135μm, 2 beam, フェンスの長さはいずれも 5mm) について 比較検討している。その結果、このセンサは、壁面せん断応力が 1N/m² 以下の流れの中で使用可能で、その場合の分解能は 20mN/m², 周波数応答は約 1kHz である。また、方向特性についてもおよそ cos 法則が成立している。ただし、温度依存性については今後検討すべきであると指摘している。引き続き検討された結果は、von Papen, T. et al., Proc. of Eurosensors XVI (2002), pp. 744-747, Proc. Int. Conf. 'Sensors and Systems' Vol.1 (2002), pp.92-96 に報告されている。</p>

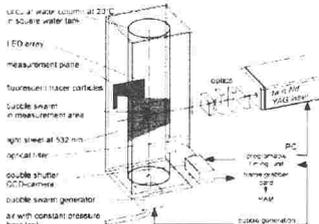
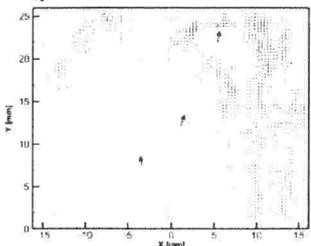


Close up of the upper left corner of the sensor

抄録作成者(所属)	山本富士夫, 大石義彦 (福井大学)	
文献題目	Bubble Deformation and Flow Structure Measured by Double Shadow Images and PIV/LIF	
著者	A. Fujiwara, Y. Danmoto, K. Hishida, M. Maeda	
出典	Experiment in Fluid 2003 Online First	
キーワード	Micro-biology, Laser dark-field microscopy, Flagellar	
概要	<p>単純せん断層の中の気泡運動における実験を実施。周囲の流れ場によって引き起こされた気泡に作用する横方向の運動について基礎的知識を得ることを目的としている。PIV/LIF を二つの垂直面に照射して、一方で気泡の近傍の流動構造を、もう一方で気泡の変形を調査。実験は垂直せん断流において、気泡の等価直径が 2~6 mm の単一気泡を選択。速度測定は、蛍光粒子を用い、PIV 用のデジタル高速度 CCD カメラを使用。第二と第三の CCD カメラは気泡形状および気泡運動を検知するために使用し、照明には LED バックライト法を採用。二次元の渦構造の測定から定量的に三次元の伴流構造を調査し、三つの垂直の気泡画像から再構築された三次元の変形気泡形状とともに測定。</p>	
	<p>要</p>	

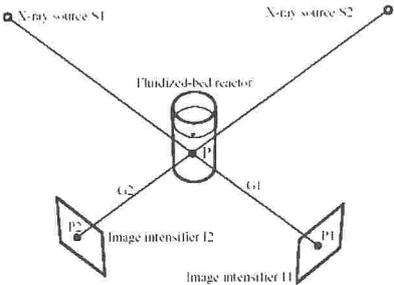
抄録作成者(所属)	山本富士夫, 大石義彦 (福井大学)	
文献題目	Application of DDPIV to Bubbly Flow Measurement	
著者	David Jeon, Francisco Pereira, Mory Gharib	
出典	Applications Laser Techniques to Fluid Mechanics Lisbon (2002)	
キーワード	Defocusing DPIV, bubbly flow	
概要	<p>気泡の速度場、気泡径分布などを計測するための新しい撮影方法について述べている。PIV は時間分解法によって、流れ場の三次元領域を包括的に計測するために設計。第三の次元は、ぼかしの原理を用いて計測。事実上、焦点面からの距離は、画像が焦点からどの程度外れているかを推測することにより得られる。標準的な PIV ビデオ装置を用い、三次元領域における流速 3 成分を実時間で捕らえられることが特徴。さらに、輝度や三次元位置は粒子径情報から推測される。気泡流の場合、三次元気泡領域は速度やサイズ分布の同時計測ができることを意味する。この実験の場合、数百の気泡速度ベクトルが計測された。時系列データを通算すると、百万近くの気泡からその運動の統計が可能。</p>	
	<p>要</p>	

抄録作成者(所属)	山本富士夫, 大石義彦 (福井大学)
文献題目	Defocusing Digital Particle Image Velocimetry: a 3-Component 3-Dimensional DPIV Measurement Technique. Application to Bubbly Flows
著者	F. Pereira, M. Gharib, D. Dabiri, D. Modarress
出典	Experiment in Fluids [Suppl.] S78-S84
キーワード	DDPIV, Bubbly flow
概	<p>気泡流のマッピングを目的とした3次元画像システムについて述べている。Defocusing Digital PTV手法を利用。気泡を横切る断面の高解像度画像を記録し、立方体空間内の気泡サイズと気泡の位置を計測することが可能。速度場は気泡の位置における連続した3次元流れの体積相互相関から求められる。気泡サイズの情報は気泡光散乱ピーク強度から Mie 散乱の理論により推定される。この手法を、プロペラにより発生した三次元渦流れ内のサブミリメートルの空気気泡の検知に利用した。気泡速度と気泡サイズ分布、ボイド率がこのシステムにより容易に検討できる。</p>
要	 <p>Fig. 8. Pathlines of bubbles around the propeller</p>  <p>Fig. 1a, b. The defocusing principle: a standard imaging system; b defocusing arrangement</p>

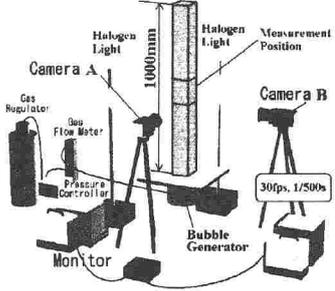
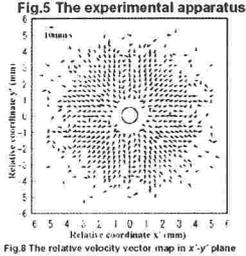
抄録作成者(所属)	山本富士夫, 大石義彦 (福井大学)
文献題目	A novel PIV Technique for Measurements in Multiphase Flows and its Application to Two-Phase Bubbly Flows
著者	R. Lindken, W. Merzkirch
出典	Experiments in Fluids, 33 (2002) 814-825
キーワード	PIV/LIF, Bubble, pseudo-turbulence
概	<p>この論文では、二相流における詳細な流動を計測するため、既存の PIV と種々の画像処理法を組み合わせることで高度化するというを紹介している。特に、画像における相分離についてが主題。蛍光粒子、シャドウグラフィ、マスク解析の技術を併用することで、デジタルマスク分離(Digital Mask Separation)を実現。それぞれの要素手段の性能は、明るめに記録された PIV の背景輝度を使うと改善されることを示した。気泡まわりの流れ場は、b/w カメラによって界面運動とともに同時計測されている。このように、混相流用の PIV システムを実現するために、旧来の PIV の長所を結合することが有効。</p>
要	  <p>Fig. 9. Vector plot of one instantaneous multiphase PIV measurement. The velocity distribution of the gas bubbles and surrounding water are measured simultaneously in one PIV recording</p>

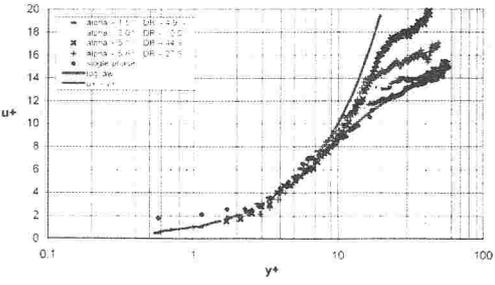
抄録作成者(所属)	山本富士夫, 大石義彦 (福井大学)	
文献題目	Measurement of Particle/Bubble Motion and Turbulence around it by Hybrid PIV	
著者	H.M. Choi, T. Kurihara, H. Monji, G. Matusui	
出典	Flow Measurement and Instrumentation 12 (2002) 421-428	
キーワード	Bubble, particle, Velocity field, PIV, PTV	
概要	<p>単一気泡の運動とその周りの液体の動きを調べることは研究の基本的要素である。静止液体中における単一気泡の運動を可視化画像計測によって調査。気泡運動はいくつかの要因(気泡サイズ, 気体と液体との密度の違い, 気泡の形状や変形)によって影響し, これらを計測している。浮上する軽い粒子と気泡を対象。粒子と気泡の運動は PTV で計測。周囲の液体は PIV で計測。これらを同時に操作している。粒子と水との大きな密度差が, 浮上速度の増大とジグザグ運動の発生をもたらすことについて, 実験結果よりその構造を考察している。気泡の乱れ強さは, 同様の球形固体粒子の場合のおよそ二倍あることを見いだした。</p>	<p>Fig. 2 Schematic of test section and hybrid PIV system</p>
	要	

抄録作成者(所属)	山本富士夫, 大石義彦 (福井大学)	
文献題目	An Advanced LIF-PLV System for Analyzing the Hydrodynamics in a Laboratory Bubble Column at Higher Void Fractions	
著者	D. Broder, M. Sommerfeld	
出典	Experiments in Fluids 33 (2002) 826-837	
キーワード	Bubble Column, LIF-PLV	
概要	<p>気泡塔は化学工業やバイオロジで広く使われている。気泡塔における流れ場の乱れは, 気泡の上昇することによって誘起され, それらの重ね合わせによって複雑となり, さらにその乱れが気泡の挙動にフィードバックされる。この論文では, 気泡群の挙動と媒体の流れの構造を同時に計測するため, 二相パルスライト計測法(Pulsed-light velocimetry; PLV)システムを構築したことについて述べている。気泡塔は, 直径 140mm, 高さ 650mm 及び 1400mm である。気泡群の間隙における液体流速計測には, 蛍光粒子法を採用。トレーサ粒子や気泡の画像は光学的干渉フィルターで分離。PIV 解析アルゴリズムには, 輝度分布の最小自乗法アルゴリズム(QDM)を利用している。</p>	
	要	

抄録作成者(所属)	山本富士夫, 大石義彦 (福井大学)
文献題目	Measurement of the Local Velocity of the Solid Phase and the Local Solid Hold-up in a Three-Phase Flow by X-ray Based Particle Tracking Velocimetry(XPTV)
著者	A. Seeger, U. Kertzscher, K. Affeld, E. Wellenhofer
出典	Chemical Engineering Science 58 (2003) 1721-1729
キーワード	Fluid mechanics, Instrumentation, Multiphase flow, Visualization, X-ray, XPTV
概要	<p>三相流において、局所的な固体粒子の速度や固体粒子の静止現象は、三相反応装置の設計に関連し重要になっている。このような計測は、三相流のシミュレーションの性能の検証にも重要である。PIVのような光学的計測手法では、固体が不透明であるため、計測に制約がある。また、透明度のある固体粒子においても、その境界で起こる光の反射や屈折のため取り扱いが困難である。そこで、X線を利用した可視化を行い、これにPTVを適用して固体粒子の挙動を計測した。このシステムをXPTVと記載している。この論文ではまず、二次元のXPTVを実現し気泡塔における適用性を確認し、XPTVを三次元三流速成分に拡張している。</p>
要	 <p>Fig. 1. Experimental set-up. Two sources generate X-rays, which are directed through the fluidized-bed reactor onto the image intensifiers. A point P is mapped on the two image intensifiers I1 and I2 generating the points P1 and P2. The point P can be reconstructed from P1 and P2. By observing the motion of the particle, its velocity can be obtained by its displacement and the time difference. G1 and G2 are the straight lines between the points P1 and P2 on the image intensifiers and the X-ray sources S1 and S2.</p>

抄録作成者(所属)	山本富士夫, 大石義彦 (福井大学)
文献題目	Flow Characteristics of Gas-Liquid Two-Phase Flow in Plate Heat Exchanger (Visualization and Void Fraction Measurement by Neutron Radiography)
著者	Hitoshi Asano, Nobuyuki, Takenaka, Terushige, Fujii
出典	Experimental Thermal and Fluid Science 28 (2004) 223-230
キーワード	Gas-Liquid two-phase flow, Visualization, Neutron radiography
概要	<p>熱交換板における気液二相流の特徴を明らかにするために、熱交換器を模擬した垂直に設置されたチャンネル内における気液二相流を可視化している。可視化手段は、中性子ラジオグラフィである。クロロフルオロカーボン R141b を用い、沸騰気液二相流を可視化している。可視化画像からは、各種画像処理を経て二次元ボイド率分布を取得している。試験部を通過する気液二相流の全圧力損失を計測し、平均ボイド率を用いて、摩擦による圧力損失を抽出している。結果として、熱交換器における相分布は、内部の形状や内部の状態に強く影響を及ぼすことを示した。流入が気液二相流のとき、試験部入り口で液体よどみが非対称相分布となる。大きな気相フラグスの場合、どちらの相もまっすぐに分離して流れる傾向を見いだした。周囲を高速したチャンネルで、気液二相流の平均ボイド率と圧力損失を計測し、ドリフト・フラグスモデルと対比を試みている。</p>
要	

抄録作成者(所属)	山本富士夫, 大石義彦 (福井大学)
文献題目	Particle Tracking Velocimetry Measurement of Bubble-bubble Interaction
著者	M.Ashihara, A.Kitagawa, M.Ishikawa, A.Nakashinchi, Y.Murai, F.Yamamoto
出典	Proceedings of ASME,4 th ASME_JASME Joint Fluids Eng. FEDSM2003-45208
キーワード	Bubble-bubble interaction, PTV
概要	<p>気泡間相互作用における数値モデルを正確にするため実験的情報が必要である。この研究では、いくつかの条件における気泡間相互作用を PTV によって計測している。初めに、垂直壁面におけるスライド浮上する気泡群を 2D-PTV によって計測。壁面に高速されない自由上昇気泡流については、3D-PTV を適用している。さらに、壁面スライド気泡流についてはスライドするせん断層内の気液二相流の同時計測を実施している。計測データより、壁面スライド気泡と自由上昇気泡の平均気泡間相互作用のパターンは相似性があり、鉛直方向に引力、水平方向に斥力の作用することが定量的に把握された。また、気泡間相互作用の発生する機構について、気泡間の液体の対流のデータより考察している。</p>
	 

抄録作成者(所属)	山本富士夫, 大石義彦 (福井大学)
文献題目	Experimental Study of Micro-bubble Drag Reduction Using Particle Image Velocimetry
著者	Y.A. Hassan, J. Ortiz-Villafuerte
出典	Applications Laser Techniques to Fluid Mechanics Lisbon (2002)
キーワード	Micro-bubble, Drag reduction, PTV
概要	<p>低ボイド率条件で、マイクロバブルを乱流チャネルの境界層に吹き込む実験を実施。このとき抵抗が低減することを確認している。PTV を適用し、液体の時間平均速度場の計測を実施している。マイクロバブルは平均直径が 30μm で、76μm の白金ワイヤーを使い高電圧電気分解により発生。電圧は 30000V。界面活性剤やポリマーを添加による抵抗低減の結果と同様に、境界層が厚くなること、対数則領域では増速することが検知された。</p>
	 

粒子と気泡の混合画像

平均流速分布