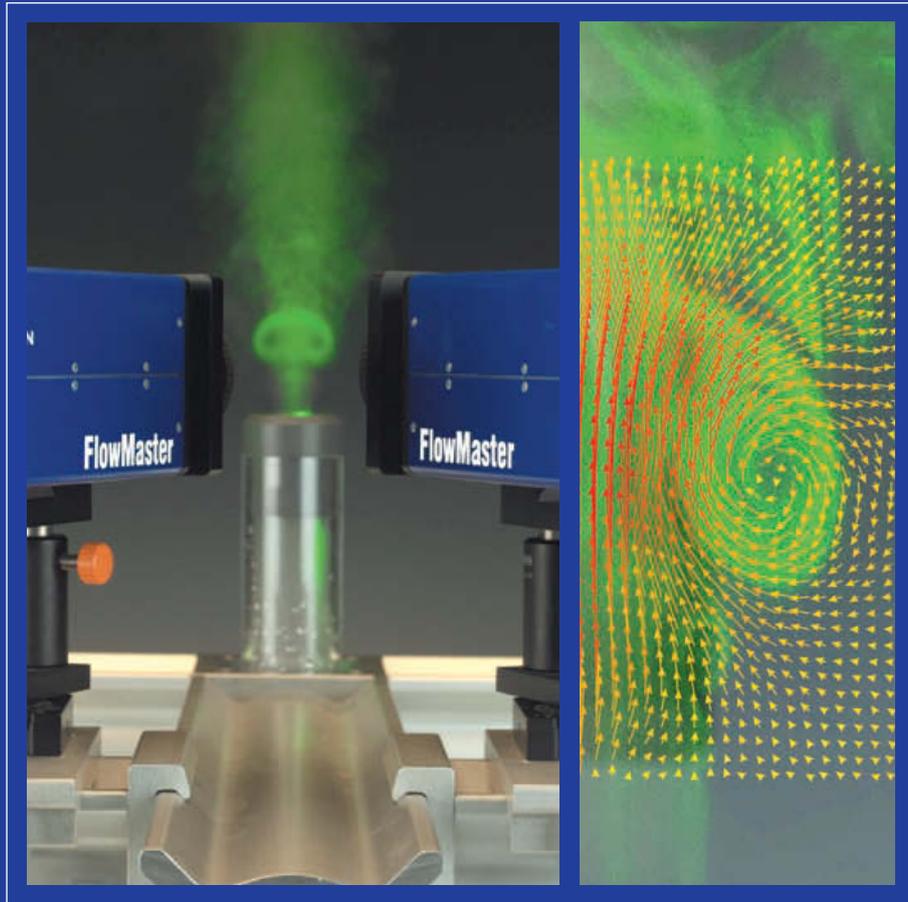




KANOMAX



# FlowMaster PIVシステム

Advanced PIV systems for  
Quantitative Flow Field Analysis



LAVISION GMBH

FOCUS ON IMAGING



## LaVision GmbH 会社沿革



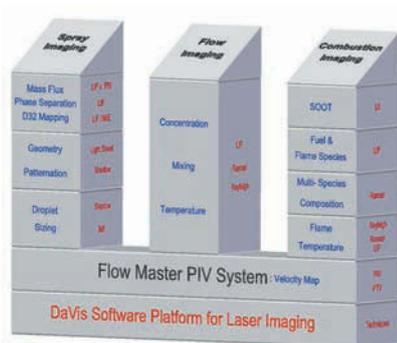
LaVision 社はマックスプランク研究所 (Max Planck Institute) とレーザ研究所 (Laser Laboratory) の研究者が中心となって、1989 年にドイツ・ゲッチンゲンで設立されました。LaVision 社の主な使命は、レーザを利用した統合イメージングシステムを科学研究の場や工業市場に提供することです。この目的を達成するため、イメージング検出装置、分光法、レーザ、計測技術、ソフトウェアツールといった、現在進展中の技術革新や開発に携わっています。

LaVision 社は世界の一流科学者、研究機関、企業と共同で研究を行っています。主な提携組織はゲッチンゲン・レーザ研究所、アーヘン工科大学 (RWTH)、ドイツ航空宇宙センター (DLR)、アナーバー市のミシガン大学などです。

LaVision 社はお客様を第一に考え、使いやすく信頼性があり特定用途に特化した高品質の製品をお届けします。また、システムの性能、親しみやすく行き届いたカスタマーサポート、有能で経験のある社員、そして何よりもお客様のご満足をお約束します。



## 製品技術



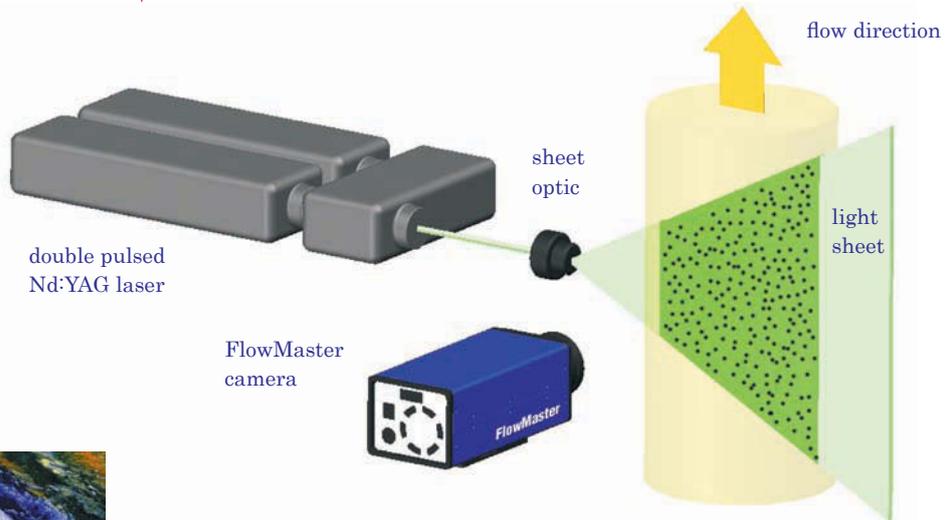
LaVision社は、広範囲にわたる画像分光と光学技術の専門の経験を持っており、高性能CCDカメラや、特注を含め種々のイメージングシステムを提供しています。これらは反応性および非反応性の流れ場解析、流体力学、材料の非破壊試験などに利用できます。これらの高機能イメージングシステムには独自に開発した基幹ソフトウェアが付属しており、これにより全てのシステムの同期化、システムコンポーネントの制御、データの取得、処理、解析などを行うことができます。マルチパラメータの流れ場計測用に、すべてを備えたレーザイメージングを提供できる企業はLaVision社 以外にありません。

LaVision社は基幹ソフトウェアDaVisとPIV(FlowMaster)をベースとして、製品技術体系を構築しています。従って、レーザ誘起蛍光法(LIF)、ラマン散乱、レイリー散乱、ミー散乱、スプレー解析、画像相関法、超高時間分解能イメージング、高速画像記録などに容易にアップグレードができます。

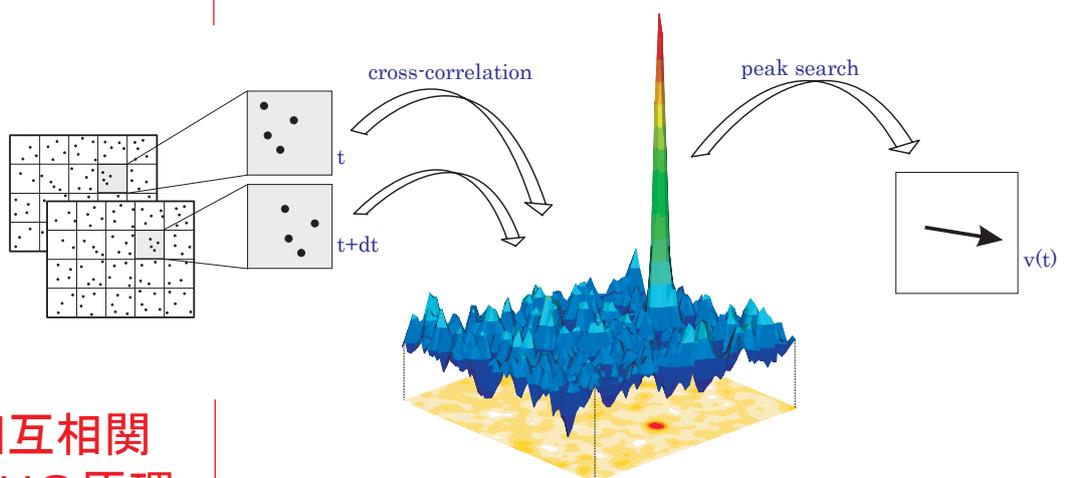
## FlowMasterPIV

### 動作原理

FlowMasterのシステム・ファミリーは、すでに確立されているPIV技術によって瞬間の2次元速度場や3次元速度場を計測できるように設計されています。まず、流体中に追従性のよい微小な粒子を散布します。通常、パルスレーザーをシート状にして、短時間  $dt$  の間隔で2回照射します。どちらの照射も、1台のダブル・フレーム高解像度CCDカメラで記録します。光路や斜位撮影による画像の歪みは自動的に補正されます。



記録された画像は通常、 $64 \times 64$ ピクセルから $8 \times 8$ ピクセルまでの小さなインタロゲーション窓に分割されます。レーザ出射の間隔  $dt$  の間に、各インタロゲーション窓の粒子は移動量  $ds$  だけ移動します。その時の速度は  $ds/dt$  の比率によって求められます。粒子の移動量  $ds$  の計算は、対応する2つのインタロゲーション窓の相互相関によって行われます。高速計算のためには、Wiener-Kinchinの定理を用いたFFTの使用が一般的です。これに加え、二次相関、局所適応ウィンドウソフト、高解像度PIV、変形インタロゲーション窓など、先進の相関手法を選択し性能を向上させることができます。



### 相互相関 PIVの原理

相関図でのピーク位置とは、あるインタロゲーション窓における粒子の移動量  $ds$  の平均を示します。最終的に、全インタロゲーション窓の移動ベクトルは、完全な瞬間の速度マップに変換されます。



## FlowMasterPIV

高精度解析  
アルゴリズム

変形インタロゲーション窓  
(デフォームドウィンドウ)

サブピクセルシフト



LaVision社は、多くのPIV研究グループと密接な提携を行い、最新の解析アルゴリズムを提供しています。

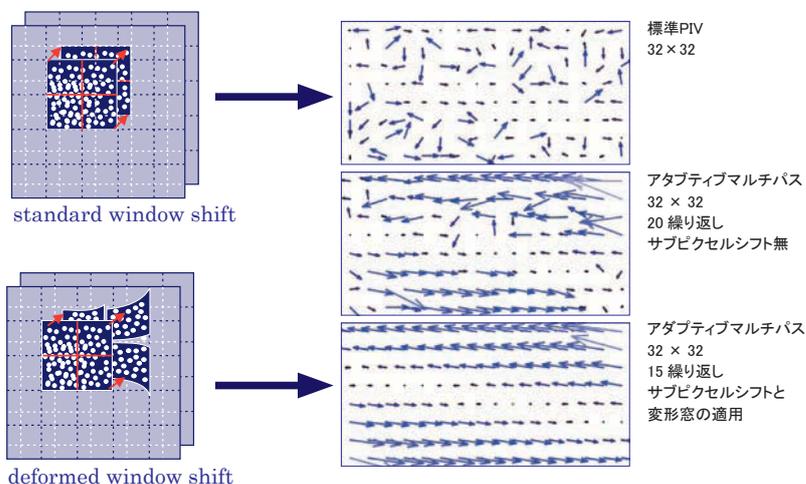
DaVisは、データ収録と可視化表示を統合する機能を有し、LIFを始めLaVision社が提供する全システムの基幹ソフトウェアです。モジュール構造によるユニークなGUIを採用し、新しいアルゴリズムやユーザ開発マクロコードを統合することが容易です。インターネットメーリングリストにより、マクロコードや新しいソフトウェア機能の情報を公開しています。

速度勾配に従いインタロゲーション窓を変形させることで、相関関数のSNRを向上し、高精度演算を実現する手法です。

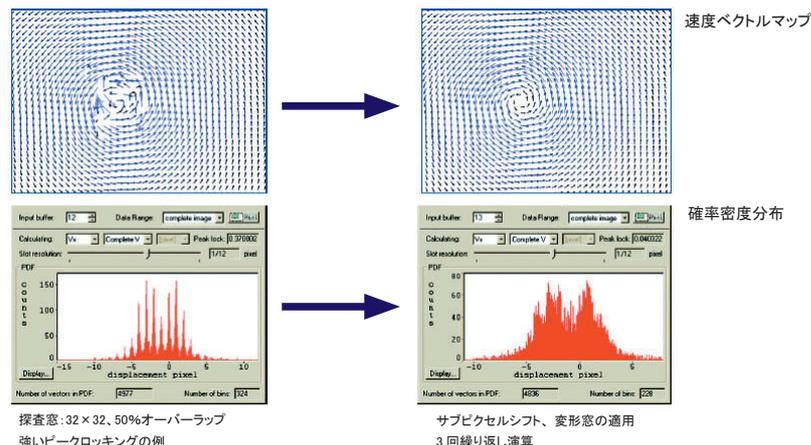
速度勾配が大きい流れ場の解析では、窓の大きさに従い変位量の範囲が大きくなり、相関ピーク値が広がり、解析不能となったり、結果が得られても速度の低い方にシフトするバイアスが懸念されます。変形インタロゲーション窓とサブピクセルシフトを適用し、検査窓を順次小さくしてマルチパス演算することで更に高精度解析が実現できます。

インタロゲーション窓内での平均変位ベクトルに対し、サブピクセル単位でのオフセットを与えて高精度演算を実現する手法です。粒子イメージが小さい場合やCCDフィルファクターの影響で、相関ピーク位置が整数値として検出されるピークロッキングが発生する場合があります。このような場合にも、サブピクセルシフトが効果的です。

(解析例) 強い速度勾配の流れ



(解析例) 粒子イメージが小さい渦流れ



## 統合ソフトウェア DaVis

FlowMasterPIVの基幹ソフトウェアであるDaVisには、2次元と3次元の粒子画像を高精度に解析するために、下記に挙げる数々の機能が装備されています。さらに、LaVision社のソフトウェア・エンジニアやCLマクロ言語を利用する世界中のユーザーが次々と新たな機能を追加しているため、このリストは常に更新されています。ユーザーによりプログラミングされた機能は無料で配布され、DaVisソフトウェア環境へ統合することができます。

### 画像前処理

- ▶ マスキング: 任意の形状、ハイパス・フィルター、 $n \times n$ フィルター
- ▶ 構造の相違における2相分離
- ▶ 反射光や背景など解析の障害となるイメージの除去

### 画像補正

- ▶ 画像の歪み補正: 2D-PIV(斜位撮影の場合)  
3DステレオPIVでのセルフ・キャリブレーション

### PIVアルゴリズム

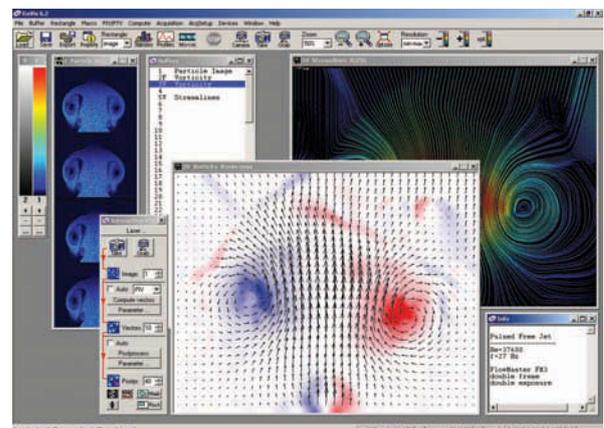
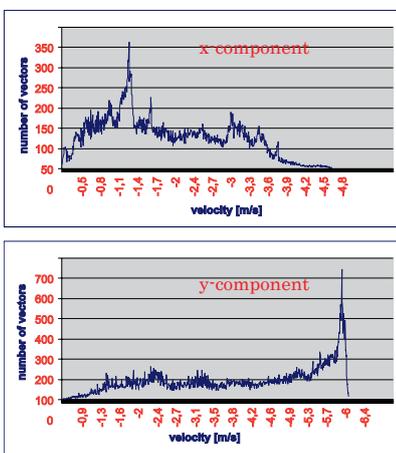
- ▶ 自己相関、相互相関機能: 標準FFT、正規化相関
- ▶ 低粒子濃度に適した最新の2D-PTV、3D-PTVアルゴリズム(option)
- ▶ 二次相関(高精度演算)
- ▶ 複数画像の相関面合計によるベクトル計算
- ▶ インタロゲーション窓の微小シフト(バイアス除去、ピークロッキング排除)
- ▶ マルチ・パス演算(高分解能、高安定性)
- ▶ ダイナミックに変形するインタロゲーション窓を用いた相関(高精度演算)

### バリデーション

- ▶ 相関ピーク値比較フィルタ
- ▶ 二次選択ベクトルへの置換を含む、局所および領域のメディアン・フィルター
- ▶ ベクトル値フィルター
- ▶ スムージング、補間

### ポストプロセッシング

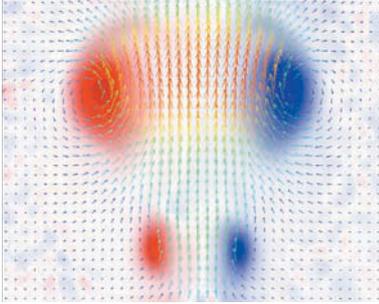
- ▶ スカラー場: 回転、発散、応力
- ▶ 統計: 平均、rms、PDF(確率密度関数)、散布図
- ▶ コンター図、流線図、流脈線図
- ▶ 渦解析: 中心、渦度、渦速度
- ▶ 空間相関、時空間相関
- ▶ ユーザー定義動作



DaVis – the graphical user interface to PIV-algorithms



## FlowMaster 2D-PIVシステム



### システム構成

LaVision社のFlowMaster製品において、2D-PIVシステムはあらゆるアップグレードを可能とするベースとなります。基幹ソフトウェアDaVisを核として、高解像度デジタルCCDカメラ、レーザ光源、同期装置、コンピュータから構成されます。画像の取得から解析、評価、保存、後処理までいたるPIV実験に必要な工程をオールインワンシステムにしています。

- ▶ DaVisからシステムを完全コントロール
- ▶ 3DステレオPIVなど、上位システムへのアップグレード
- ▶ 豊富なコンポーネント(カメラ、レーザ、etc)

- ・基幹ソフトウェア DaVis
- ・FlowMaster 2D-PIVモジュール
- ・プログラマブル・タイミングユニット(PTU)
- ・FlowMasterカメラ
- ・ダブルパルスYAGレーザ
- ・ライトシート光学系

### エンドスコープPIV



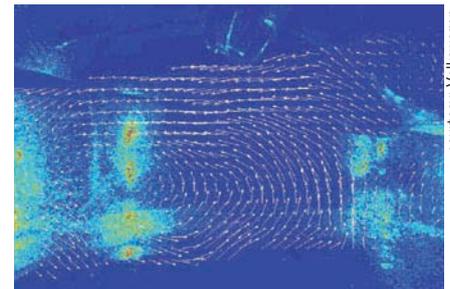
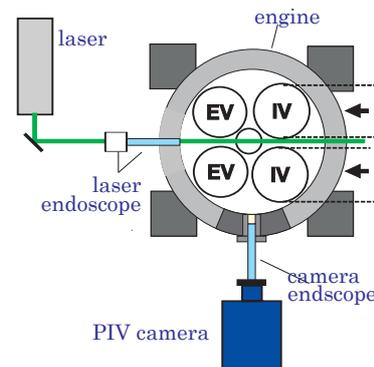
カメラエンドスコープ



レーザエンドスコープ

ICエンジンなど大型観察窓の確保が困難な計測対象の場合、エンドスコープPIVシステムをご利用下さい。わずか8mm孔の観察窓があれば、はるかに容易なPIV計測が可能となります。

- ▶ カメラエンドスコープ: 通常のレンズと交換して使用
- ▶ レーザエンドスコープ: 高出力パルスレーザの出射口へ装着



tumble flow in IC engine

courtesy: Volkswagen

### 長距離顕微鏡



長いワーキングディスタンスで高倍率、高解像度のイメージングが可能な、マクストフ・カセグレン式の光学系です。非常に明るく分解能の高いレンズ系を採用し、PIV用の高解像度CCDカメラと組合せることで、より空間分解能の高い計測に威力を発揮します。

- ▶ 焦点距離 : 150-350mm または 560-1520mm
- ▶ 視野サイズ : 最小0.6mm(W.D.=150mm、2倍レンズ、2/3" CCDの場合)
- ▶ 主な用途 : 微小領域のPIV、Particle Sizing、etc

## FlowMasterHS ハイスピードPIV

### オンライン制御& ビデオモニター



### システム構成

### マイクログフォンとの 同期計測例

PIV画像記録にハイスピードカメラを採用することにより、速度、加速度、非定常現象の乱流値などダイナミックな流体現象の把握が可能になります。光源は、現象に応じて選択しますが、高繰り返しダブルパルスレーザが最適です(YLF)。

LaVision社では、DaVisでユーザーフレンドリーなインターフェイスを用意し、オンラインでハイスピードカメラと高繰り返しパルスレーザの正確な同期制御とビデオモニターを実現しています。

ハイスピードカメラ2台による3DステレオPIVにおいても正確な制御と快適な操作性を提供します。

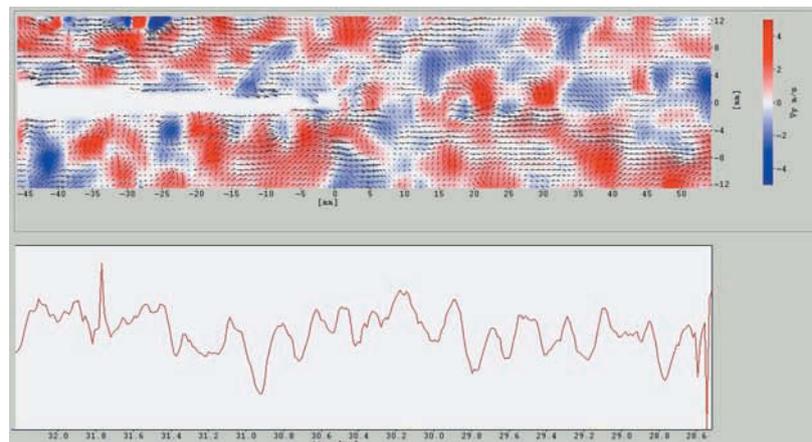
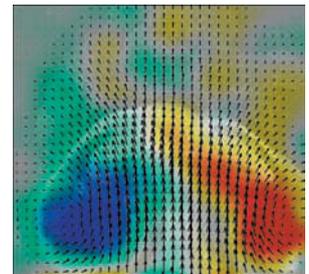
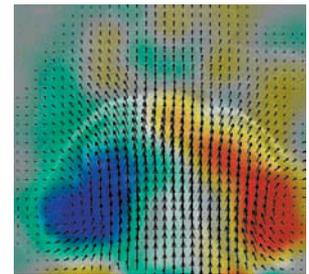
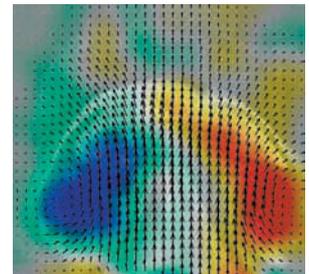
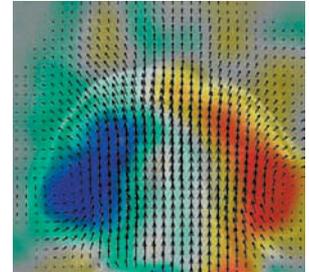
### 出力情報

- ▶ 2D/3Dベクトルフィールドの動画
- ▶ 速度変動
- ▶ 乱流値の時間平均
- ▶ 乱流運動エネルギー
- ▶ レイノルズ応力
- ▶ パワースペクトラム

### アプリケーション

- ▶ 混合現象、輸送現象
- ▶ 渦追跡、渦衝突、ブレークダウン
- ▶ スプレー、衝撃研究、パルスジェット
- ▶ 噴流

- ・ 基幹ソフトウェア DaVis
- ・ DaVis HS-PIV モジュール
- ・ FlowMaster 2D-PIV モジュール
- ・ プログラマブル・タイミングユニット (PTU)
- ・ デジタルハイスピードカメラ
- ・ 高繰り返しパルスレーザ
- ・ ライトシート光学系





## FlowMaster 3D-ステレオPIV

### 基本原理

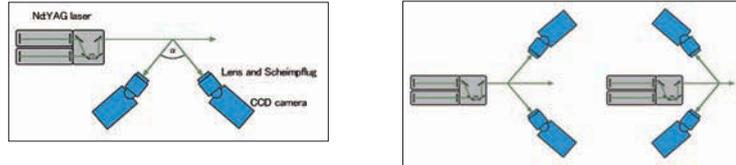


カメラ配置

### 画像歪補正 マッピング

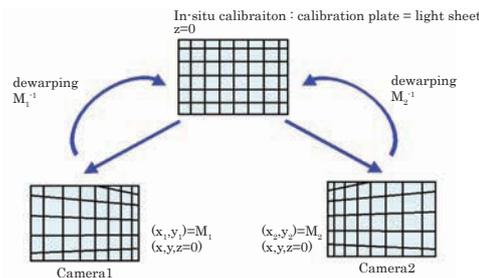
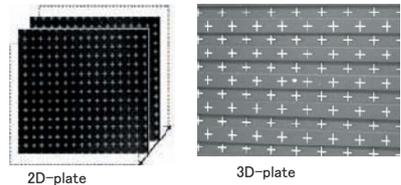
FlowMaster 3DステレオPIVは、レーザシート面内の速度3成分を測定するPIVです。統合システムDaVisの有する強力なマッピング機能やセルフキャリブレーション機能により、システムのセットアップが非常に容易で且つ高精度の解析を実現しています。

3DステレオPIVは、異なる角度で撮影する2台のカメラ画像から立体画像を取得する原理に基づいています。カメラ1台ではレンズ光軸に直角な平面への写影移動量しか取得できませんが、2台のカメラ映像の視差により測定空間における真の3次元移動量を決定できます。レンズをシャインフルーグ配置に設定し視野内の全領域に焦点の合った画像を取得します。

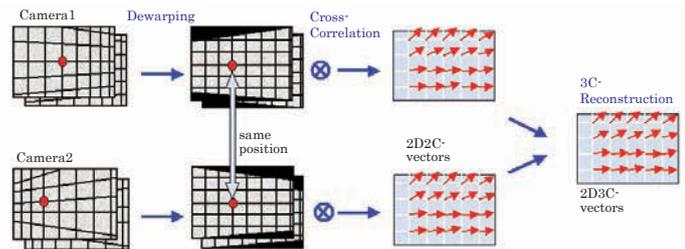


グリッド構造を有するプレートシート面と同じ位置にマウントし2台のカメラで記録し、カメラ座標系と測定空間の3次元座標の対応を計算します。レンズ歪や空間の光学的な歪補正を含み、マッピングと呼びます。2D-plateの場合、z軸方向に位置を変え複数断面で画像記録を実施します。

3D-plateは凹凸によりZ位置情報を含んでおり移動は不要です。



### ベクトル計算



### システム構成

- ・基幹ソフトウェア DaVis
- ・FlowMaster 2D-PIVモジュール
- ・FlowMaster 3D-PIVモジュール
- ・プログラマブル・タイミングユニット (PTU)
- ・FlowMasterカメラ Imager Intense 2台
- ・シャインフルーグマウント 2台
- ・キャリブレーションプレート
- ・ライトシート光学系
- ・ダブルパルスYAGレーザ  
(対応カメラ: Imager Pro、QE、Compact他)



3D-PIV set-up

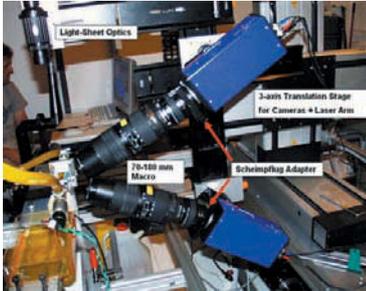
### 特長

- ▶ セルフキャリブレーション (PatNo.DE10312696)
- ▶ 異なる2カメラによるステレオPIVが可能
- ▶ 強力なマッピング機能



## セルフ キャリブレーション

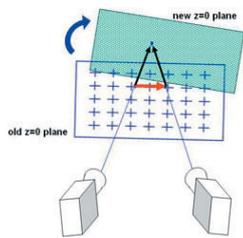
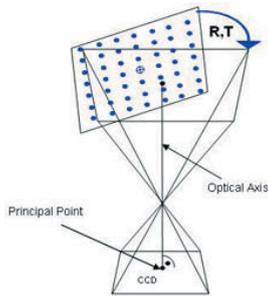
### 概要



### 優位な特長

- ▶ 高精度 : キャリブレーション誤差を排除します。
- ▶ 良好な操作性 : キャリブレーションプレート設置の自由度が非常に高い。レーザーシート光と正確に一致させる必要はありません。プレートを測定空間の外に設置することも可能です。
- ▶ 容易なスキャン : 測定空間全体のキャリブレーションを同時に行います。プレートをZ軸方向に微動を繰り返す必要はありません。
- ▶ 時間の節約 : キャリブレーションは測定現場以外で準備することが可能です。
- ▶ 他の利点 : レーザシートの相対位置と厚みの情報が得られます。

### 基本原理



補正後の画像により視差ベクトルマップを計算しマッピング関数を決定

可視化粒子画像を記録し、この画像から視差ベクトルマップを計算

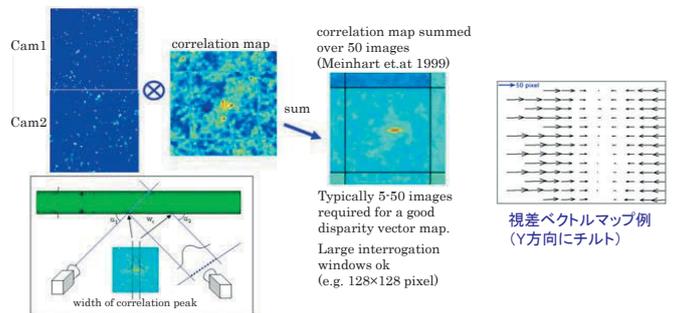
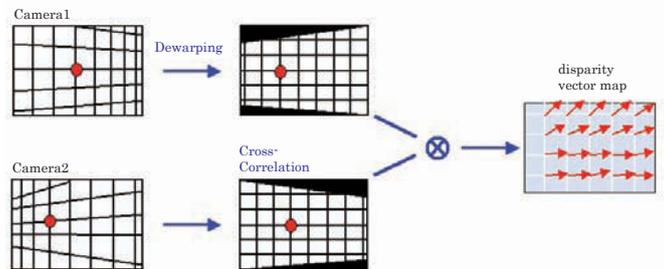
レーザーシート位置を計算し、マッピング関数を補正

External camera parameter:

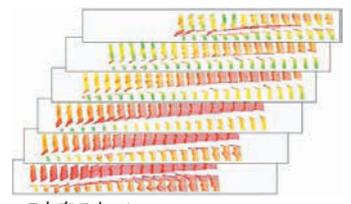
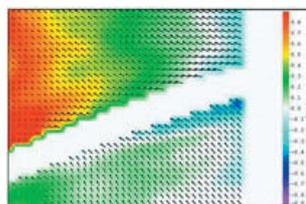
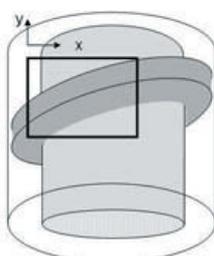
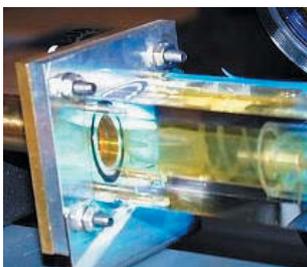
$R=(R_x,R_y,R_z)$ rotation  
 $T=(T_x,T_y,T_z)$ world origin

Internal camera parameter:

$f$  = focal length  
 $C_x,C_y$ =position of principal point  
 $S_x$  = skewness (=1 for square px)  
 $k_1$  = first order radial distortion



### 埋め込み型 血液ポンプの計測

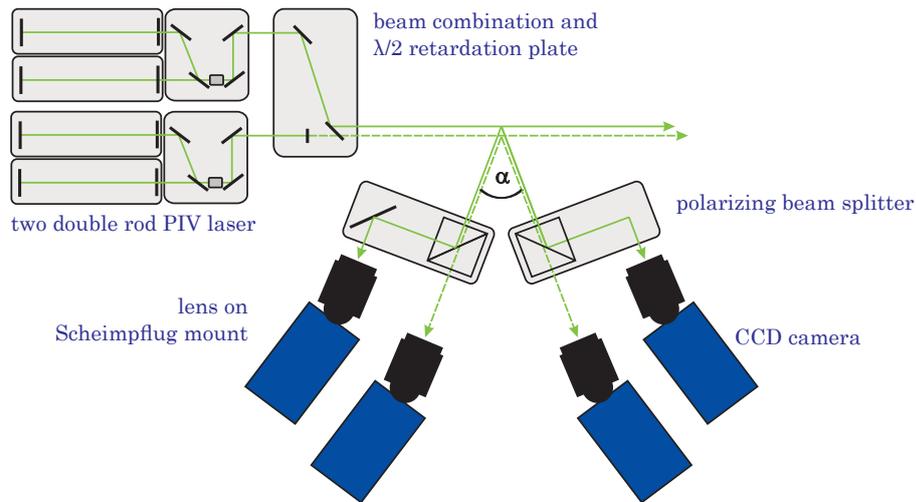




## FlowMaster デュアルプレーン ステレオPIV

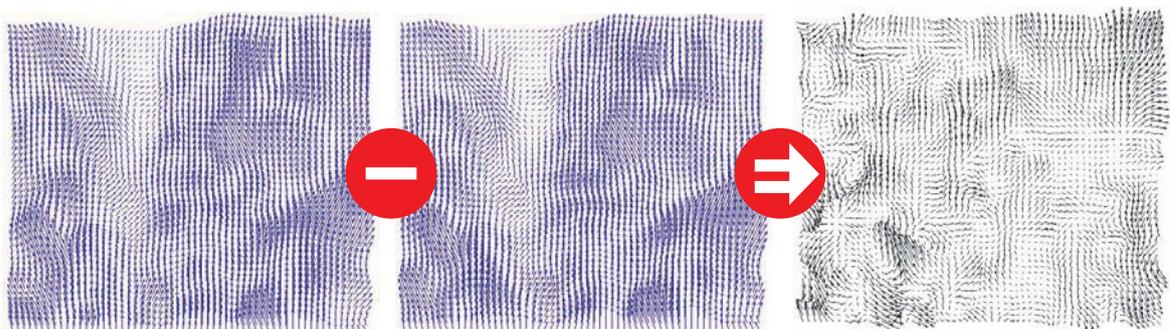
3次元渦度ベクトル  
加速度場の測定

単一平面における速度の測定では、流体力学上の問題に答えるための情報は十分に得られないことがしばしばです。従来のPIV装置をもとに開発されたデュアルプレーン・ステレオPIVシステムは、2つのわずかにずらしたシート面内の3次元速度成分すべてを同時に測定でき、たとえば3次元渦度ベクトルの計算などが可能になります。また、このシステムは、1つの平面における3次元速度成分を異なる時間で測定する場合に利用でき、加速度場などを求めることができます。



### 光学系の設定

1/2波長板を使用して2台のダブルパルスレーザーの直線偏光面を直交させてシート光に整形します。2つのシート光面は平行を保ちつつ、目的に応じて重ねたり、僅かに分離して照射するように調整します。トレーサ粒子の半径がレーザー光の波長オーダーであるので、散乱光の偏光方向が保持されます。偏光ビーム・スプリッターにより散乱光は分離され、FlowMasterカメラによって記録されます。偏光ビームスプリッターの代わりに、各カメラごとに偏光フィルターレンズを装着することも可能です。DaVisソフトウェア・モジュールによってPIV データが計算されます。



Two vector fields with  $dt= 100\mu\text{sec}$  and the extracted acceleration field

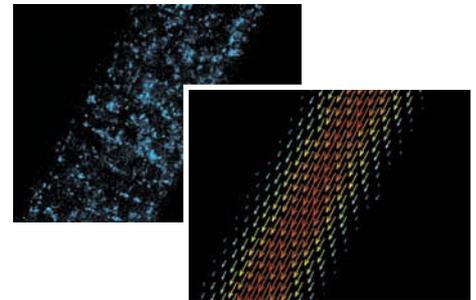
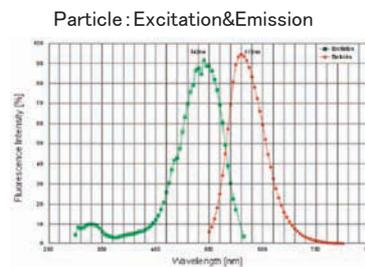
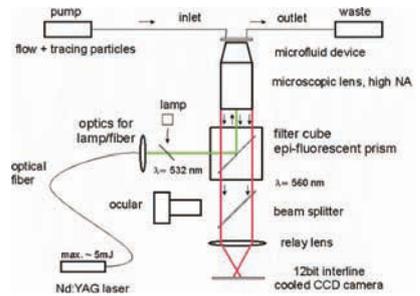
## FlowMaster マイクロPIV



マイクロPIV set-up

PIV技術と顕微鏡光学技術を融合したシステムです。ミクロンオーダーの空間分解能で流れ場を計測します。

ダブルパルスYAGレーザーを光源として、高NAの落射蛍光顕微鏡によってマイクロ流体デバイスに照射します。マイクロ流体には蛍光粒子をシーディングし、照射レーザー光より波長の長い蛍光信号のみをフィルターキューブによってレーザー光と集光分離します。記録には、蛍光波長における量子変換効率が高くノイズの少ないCCDカメラが適しています。

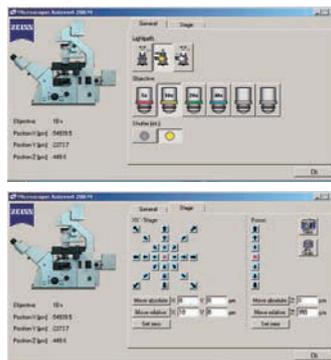


### システム構成

- ・ 基幹ソフトウェア DaVis
- ・ FlowMaster 2D-PIV モジュール
- ・ プログラマブル・タイミングユニット (PTU)
- ・ FlowMaster カメラ Imager Intense
- ・ 光源 (ダブルパルス YAG レーザあるいは UV ランプ)
- ・ ライトガイド光学系 (ビームエキスパンダ他)
- ・ 顕微鏡 (対応メーカー: カールツァイス, ニコン, オリンパス)

### システム拡張 自動ステージ制御

カールツァイス顕微鏡のサンプルステージを DaVis から自動制御します。



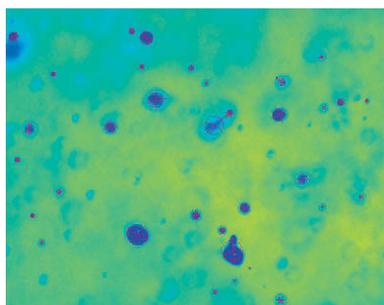
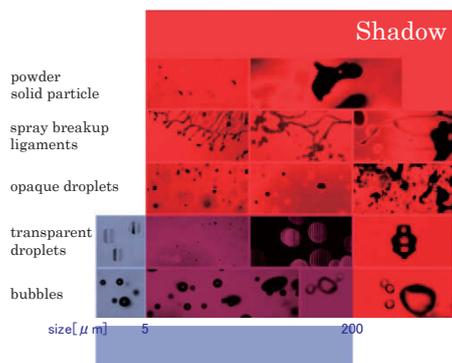
### MITAS



MITAS はマイクロ流体のトータル分析ツールです。 $\mu$ -PIV、Shadow、LIF 手法をサポートし、速度ベクトルマップ、粒子サイズ、粒子追跡、濃度、温度、混合などの解析を提供します。光源は、用途により、LED、ダイオードレーザー、DPSS レーザが選択できます。



## システム アップグレード ParticleMaster 粒子径 二相流計測



フラッシュランプやレーザ光源によるバックライト照明で、粒子や液滴の影絵を直接撮影し、サイズを計測します。長距離顕微鏡を用いることにより、長作動距離を確保し、また、光源にパルスレーザを用いることにより、高速噴霧にも適応可能です。目的に応じたレンズと DaVis の Shadow モジュールを追加することで FlowMasterPIV から容易にアップグレードができます。

PIV、LIF 技術と組み合わせると、気液二相流における液相現象と気相現象を分離して記録し、気泡径、気泡速度、流れ場速度分布の計測が可能です。

### 用途

- ▶ 液体スプレー（燃料、水、液体塗料、薬剤、農薬散布）
- ▶ スプレー分裂、液滴噴霧
- ▶ 粉体、固体粒子（アロイ、セラミックス）
- ▶ エマルジョン、分散（廃水、気象学）
- ▶ 気泡（熱交換機、産業プロセス）

### 出力情報

- ▶ 粒子径、粒子位置 (x、y、z)、粒子形状（偏心）、統計（D21、D32、Dv50、速度、密度、マスフラックス）

### 原理

パルス光をバックライトとし、高分解能画像法を使った計測システムです。測定空間はシステムの被写界深度と視野範囲で決まります。この手法は粒子の形状や物質（透明または不透明）に影響を受けず、適切な光学系の使用により、マイクロスケールまで観察が可能です。

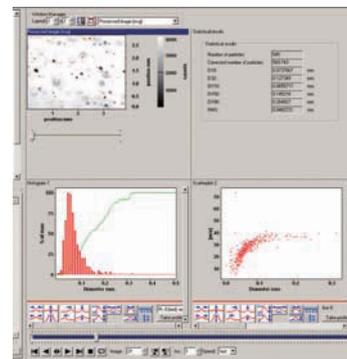
光源は粒子速度に応じて、特殊な照明光学系パルスレーザかフラッシュランプが用いられます。パルスレーザを照射に使用した場合、100m/s 以上の運動を凍結して、撮影することができます。ダブルフレーム PIV カメラとダブルパルスレーザを使用すると粒子サイズと粒子速度を計算することが出来ます。



### 仕様

- 粒子径 : 5 ミクロン以上
- ダイナミックレンジ : 1:100
- 視野サイズ : 1 × 1mm 以上
- 作動距離 : 5-1500mm

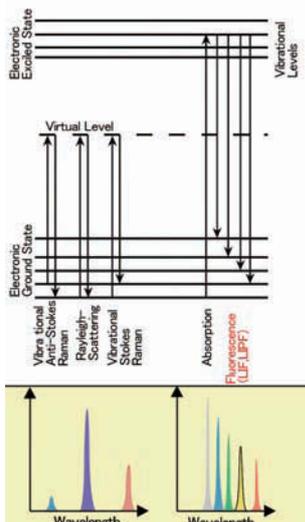
- ▶ 不透明粒子の計測が可能
- ▶ モフォロジー処理



### システム構成

- ・ 基幹ソフトウェア DaVis
- ・ ParticleMaster Shadow モジュール
- ・ プログラマブル・タイミングユニット (PTU)
- ・ FlowMaster カメラ
- ・ 光源 (LD、フラッシュランプ、ダブルパルス YAG レーザ等)
- ・ 高効率ディフューザ

## システム アップグレード FluidMaster LIF計測



オンライン・エネルギーモニター

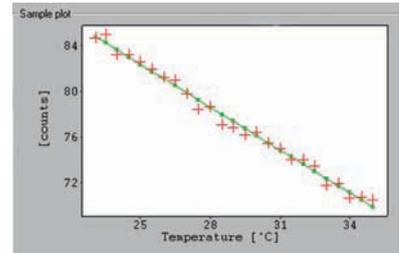
### システム構成

FluidMasterはLIF(レーザ誘起蛍光法)技術を用いて、液体の攪拌混合過程を定量的に可視化計測するシステムです。蛍光強度はトレーサ濃度に比例し、濃度場の画像情報は、混合過程の特質を表す意味のあるデータにリアルタイムで変換されます。FlowMasterPIVをベースとして必要なコンポーネントを追加することで容易にLIF計測へのアップグレードが可能です。

- ▶ 校正されたLIF画像から、濃度、温度、pHのマップを作成します。
- ▶ 化学産業や製薬産業で一般的に使用されているジェットミキサーや攪拌反応器等の評価に有効です。

適切なCFDコードの開発や最適設計を行なう上で、3次元空間の計測データや、場合によっては乱流混合過程の情報は非常に有効です。

- ▶ シート光のスキャン制御による3次元測定サポート(option)
- ▶ ハイスピードカメラと高繰り返しレーザによる乱流混合の計測サポート(最大10KHz)
- ▶ 非定常な混合過程のムービー表現



- ▶ 対話型ユーザインタフェースによるLIF校正カーブの自動記録
- ▶ 校正曲線近似:リニア、多点、指数、多項式
- ▶ 定量的スカラーマップへの変換
- ▶ LIF強度補正:背景雑音画像の差分除去、励起度の正規化  
蛍光強度は、レーザビームの吸収、ビーム拡大に起因するレーザシート強度変化や、蛍光トレーサの濃度不均一性などがあると不均一となります。
- ▶ 画像補正:斜位撮影に起因する歪の補正
- ▶ 高空間分解能:長距離顕微鏡使用により微細な混合構造を計測
- ▶ 画像取得モード:オンチップ平均によるSNR向上、スペクトル記録、校正データ記録、複数カメラの動作によるマルチパラメータ画像計測サポート
- ▶ レーザ2波長によるLIF画像:イメージダブラーないしは複数カメラにより取得したLIF画像を高精細に画像オーバーレイし、2波長の蛍光による温度測定
- ▶ ハードウェア制御  
カメラ動作:露光時間、フレームレート、ICCDゲイン、  
画素ビンニング、観察領域指定  
IIの制御:遅延時間とゲート時間

- ・基幹ソフトウェア DaVis
- ・LIFモジュール
- ・FlowMaster 2D-PIVモジュール
- ・プログラマブル・タイミングユニット(PTU)
- ・FlowMasterカメラ
- ・LIFキャリアレーションユニット
- ・光源(ダブルパルスYagレーザあるいはチューナブルレーザ)
- ・ライトシート光学系
- ・パラレルシート光学系



## システム アップグレード SprayMaster スプレー計測



シャドウグラフィ法  
ミー散乱法

高速イメージング

シャドウグラフィ法  
LIF とミー散乱法

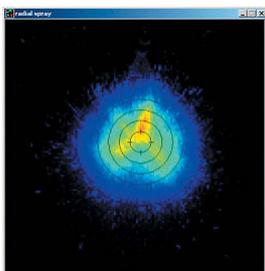
ミー散乱法

LIF

PIV

PIV と LIF

システム構成



FlowMaster ステレオ PIV とトレーサLIF技術を組み合わせることにより、噴霧の幾何学的パラメータやパターン解析が可能となります。

ステレオ PIV と LIF 技術を組み合わせると、噴霧に垂直な断面における速度3成分が計測でき、同時にトレーサ濃度により LIF 信号を得ることが出来ます。

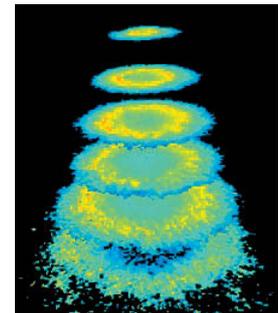
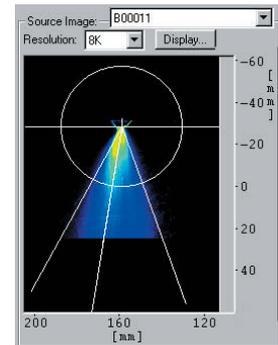
これらから、噴霧コーン内のマスフラックス、モーメントフラックス、噴霧圧力、噴霧衝撃値などを計測する総合的なスプレー特性計測システムを構築することが出来ます。

### 用途

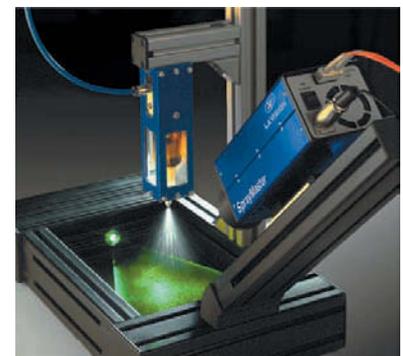
- ▶ ノズルの特性評価と品質管理
- ▶ 燃焼器や IC エンジン用のインジェクター
- ▶ スプレーコーティングのプロセス最適化
- ▶ 医学、薬学の研究：有効成分の分布
- ▶ 農業薬品スプレーの特性（殺虫剤の噴霧など）

### 応用技術

- ▶ 噴霧の幾何学的パラメータとパターン解析  
(対称性、角度、先端到達距離、統計データ、液体フィラメントの分断長)
- ▶ 時間的、空間的な噴霧の状態変化  
(時間と軸による走査)
- ▶ 局所的、2次元の粒子(液滴)のサイジング  
(数量、形状、統計データ、数密度、サイズの等級)
- ▶ 広域(3次元)噴霧イメージング(デジタルムービー)
- ▶ 液体と蒸気の相転移、燃料の質量分布
- ▶ 速度場(FlowMaster参照)
- ▶ 質量流速の計測(噴霧の衝撃値)



- ・ 基幹ソフトウェア DaVis
- ・ DaVis LIF モジュール
- ・ DaVis Mie モジュール
- ・ FlowMaster 2D-PIV モジュール
- ・ プログラマブル・タイミングユニット (PTU)
- ・ FlowMaster カメラ
- ・ LIF キャリブレーションユニット
- ・ 光源 (ダブルパルス YAG レーザあるいはチューナブルレーザ)
- ・ ライトガイド光学系



## Imager pro X



最大で11メガピクセルの解像度、ダイナミックレンジ14bitを有する、超高解像度・高感度のPIV用カメラです。カメラヘッドに最大4GBのメモリーを内蔵可能、ソフトウェアDaVisから完全コントロールできます。

Model	Imager pro X 2M	Imager pro X 4M	Imager pro X 11M
センサ	プログレッシブスキャンCCD		
有効画素数 (pixel)	1600 × 1200	2048 × 2048	4008 × 2672
ダイナミックレンジ	14bit		
ピクセルサイズ	7.4 × 7.4 μm		9.0 × 9.0 μm
最小フレーム切替時間	110ns (ダブルシャッターモード)	115ns (ダブルシャッターモード)	210ns (ダブルシャッターモード)
フレームレート	30フレーム/秒	14フレーム/秒	5フレーム/秒
サイズ(W×H×L)	84 × 66 × 175mm		

## Imager intense



PIVに不可欠なダブルシャッターモードを搭載した高感度 CCD カメラです。-12℃冷却による低ノイズを実現。2D/3D-PIV、マイクロ PIV、エンドスコープ PIV など、FlowMaster シリーズで広くお使いいただけます。

センサ	プログレッシブスキャンCCD
有効画素数 (pixel)	1376 × 1040
ダイナミックレンジ	12bit
ピクセルサイズ	6.45 × 6.45 μm
最小フレーム切替時間	500ns (ダブルシャッターモード時)
フレームレート	10フレーム/秒
サイズ(W×H×L)	93 × 78 × 210mm

## HighSpeedStar



最新デジタル技術を搭載したデジタルハイスピードカメラです。感度、解像度ともに最高の性能を持ち、時系列 PIV 計測に最適です。ハイスピードカメラ用イメージンシファイアと組み合わせることで更に微弱な光信号や超高速現象の撮影が可能となります。

型名	HSS-3G	HSS-4G	HSS-6
センサ	CMOS		
有効画像数 (pixel)	1024 × 1024		
ダイナミックレンジ	12bit		
ピクセルサイズ	17 × 17 μm		20 × 20 μm
フレームレート (フルフレーム時)	1,000フレーム/秒	2,000フレーム/秒	5,400フレーム/秒
最大フレームレート	60,500フレーム/秒	120,000フレーム/秒	675,000フレーム/秒
最小解像度 (ピクセル)	128 × 16		

型名	HSS-7	HSS-8
センサ	CMOS	
有効画像数 (pixel)	2048 × 2048	1024 × 1024
ダイナミックレンジ	12bit	12bit
ピクセルサイズ	10 × 10 μm	20 × 20 μm
フレームレート (フルフレーム時)	1,080フレーム/秒	7,000フレーム/秒
最大フレームレート	86,400フレーム/秒	1,302,000フレーム/秒
最小解像度 (ピクセル)	256 × 32	64 × 8

## イメージ・インテンシファイア モジュール IRO



超高速ゲートのイメージ・インテンシファイアです。カメラとレンズとの間にマウントするモジュール式ですので、お手持ちのカメラをそのままアップグレードすることができます。PIV カメラ用とハイスピードカメラ用をご用意しています。

波長範囲	190-900nm
繰り返し周波数	最大2MHz
露光時間	最小10nsまたは100ns
レンズカップリング	1:1-2.17:1
マウント	Fマウント



## アクセサリ

### シャインフルーグアダプター

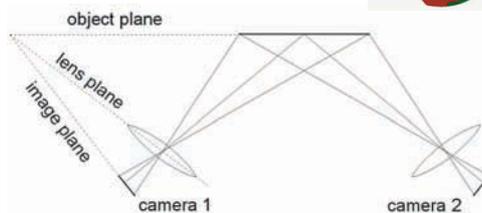


モーター内蔵モデル(option)

3D ステレオ PIV における斜位アングルでの撮影に使用します。精細な角度調整を可能とします。ImagerIntense を始めとして、様々なカメラに対応しています。

#### オプション モーター内蔵モデル

- ▶ DaVis からのリモートコントロール
- ▶ フォーカス調整
- ▶ 斜位角度調整
- ▶ カメラ位置調整
- ▶ RS-232C

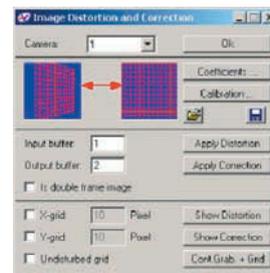


### キャリブレーションプレート



3Dプレート

グリッド上にマーカーを配置したキャリブレーションプレートです。平面状の2Dプレートと、奥行き異なる2面を交互に配列した3Dプレートがあります。ステレオ PIV の場合、2Dプレートでは奥行き方向に微動して空間のキャリブレーションを実行しますが、3Dプレートでは不要です。2Dプレートは、ステレオ PIV における2カメラ撮影だけでなく、2D-PIVでの斜位アングル撮影の歪み補正用にもご使用いただけます。



### メカニカル・カメラシャッター



カメラとカメラレンズの間に装着する外部シャッターです。典型的な PIV カメラでは、ペア画像を構成する2枚のフレームの露光時間が異なるため、画像のバックグラウンド明るさの違いが問題になることがあります。バックグラウンド光はレーザーの波長範囲内にあるため、カメラレンズにバンドパスフィルターを装着するだけでなく、メカニカル・カメラシャッターを使用すると画像品質が更に改善されます。

燃焼場や火炎の PIV 計測にお勧めです。

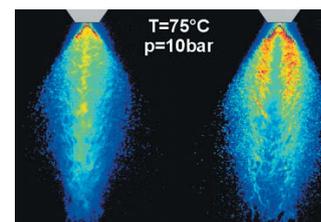
- ▶ 開口径：14mm (VS14)  
または 25mm (VS25)
- ▶ 露光繰り返し周波数：DC-40Hz
- ▶ 外部トリガー対応
- ▶ RS-232C コントロール

### イメージダブラー



1台のカメラで同一面の画像をペアで記録するためのステレオスコープです。それぞれのイメージ用としてフィルターを別々にマウントすることができます。シングルショットでの LIF/Mie 同時測定や、二相の LIF にお使いいただけます。

- ▶ フィルターマウント：52mm
- ▶ カメラマウント：52 mmまたは 40mm
- ▶ F値4
- ▶ 角度調整、分離調整
- ▶ DaVis によるサポート



vapor

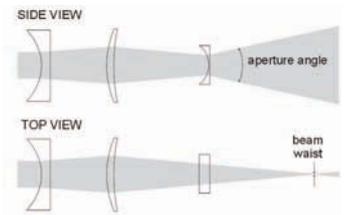
liquid

## ライトシート光学系



YAG レーザのヘッドに装着してシート光を生成する光学系です。シート厚とビーム発散をコントロールします。シート厚は連続的に調整可能です。

- ▶ シート厚み : <math>< 1\text{mm}</math> ( $M^2 < 5</math>、ビーム径 4mm の時)$
- ▶ シリンドリカルレンズ :  $f = -20\text{mm}, -10\text{mm}$
- ▶ 拡がり角 :  $10^\circ$  または  $20^\circ$  (ビーム径 3mm の時)
- ▶ 作動距離 : 300mm-2000mm
- ▶ 最大入射パワー : 400mJ@532nm (または 5ns パルス)
- ▶ 透過効率 : 95%以上



## レーザーガイドアーム



LaVision がサポートする Nd:YAG レーザに対応したビームデリバリー用の光学システムです。レーザー使用における安全性と、計測の柔軟性が向上します。

- ▶ 平衡保持 : バランスウェイト式
- ▶ 光学系 : ミラーの伝送効率 96% 以上 (532nm および 527nm)
- ▶ ミラー選択 : 532nm, 527nm, 266nm

## 高効率ディフューザ



ParticleMaster Shadow システムで、パルスレーザに装着する光学系です。

100m/s 以上の運動を凍結して、撮影することが出来ます。一般的な Nd:YAG レーザに装着でき、ボリウム照射が可能です。

- ▶ 推奨最小レーザ出力 : 1.5mJ\*, 527-532 nm
  - ▶ 光出力径 : 120 mm
  - ▶ 光出力波長 : 574-580 nm
  - ▶ 光出力パルス持続時間 : 20 ns (@5ns laser)
- \* レーザ出力の低いものにはシート光学系が別途必要です。

## 水中ライトシート光学系



水没タイプのライトシート光学系です。流れ場への影響を抑える特別なデザインを採用。大型の水路や曳航水槽での船舶モデル周りの計測など、観測窓の設置が困難な対象においても PIV 計測を可能としました。

計測対象に応じてカスタマイズを承ります。



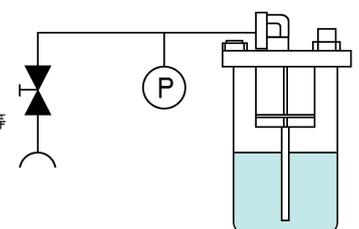
カスタム例: Underwater Stereo-PIV

## シーディングジェネレータ



小型・軽量のアトマイザーです。サブミクロン粒子を高濃度で噴霧可能です。多種の溶液に対応しています。

- ▶ 溶液 : DEHS, DOP, Emery 3004, パラフィン, PSL 等
- ▶ 発生濃度 :  $10^8$  個/cm<sup>3</sup>  
(DEHS 使用時、0.2-1.0  $\mu\text{m}$  トータル)
- ▶ エア供給 : 最大 1.6MPa, 最小 0.2MPa
- ▶ 流量 : 1-7.5m<sup>3</sup>/h

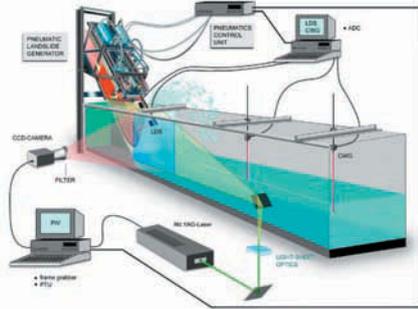
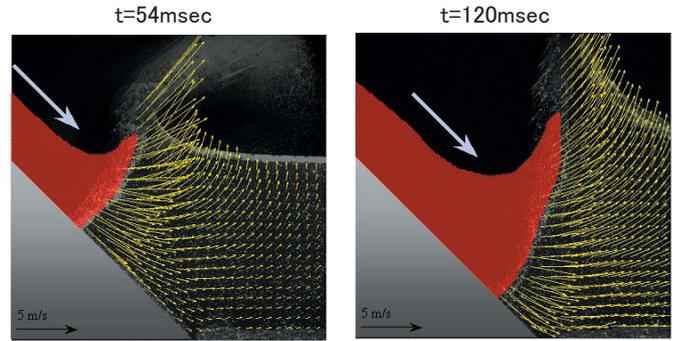




## Applications PIVおよびPIVアップグレード

### 水路・地すべり衝撃流のラージスケールPIV

2D-PIV

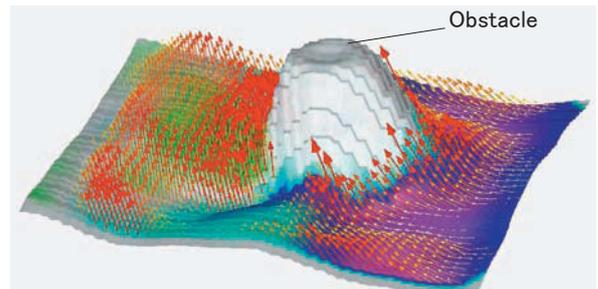


- 水路大きさ : 11m × 0.5m × 1m
- 光源 : ダブルパルス YAG 220mJ
- カメラ解像度 : 1K × 1K pixel
- 視野サイズ : 800mm × 800mm
- トレーサ : Grilamid (粒径 1.6mm, 比重 1.006g/cm<sup>3</sup>)

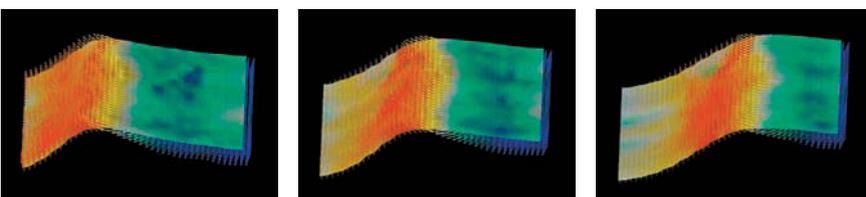
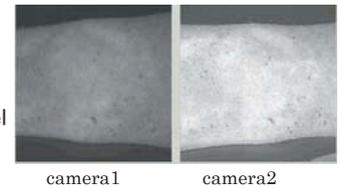
スイス連邦工科大学 (ETH-Zentrum)

### 造波水路・自由表面の3D-PIVと形状変化

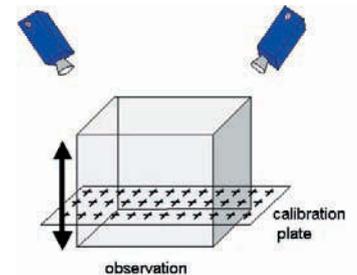
3D-PIV応用



- カメラ解像度 : 1K × 1K pixel
- トレーサ : ガラス粒子

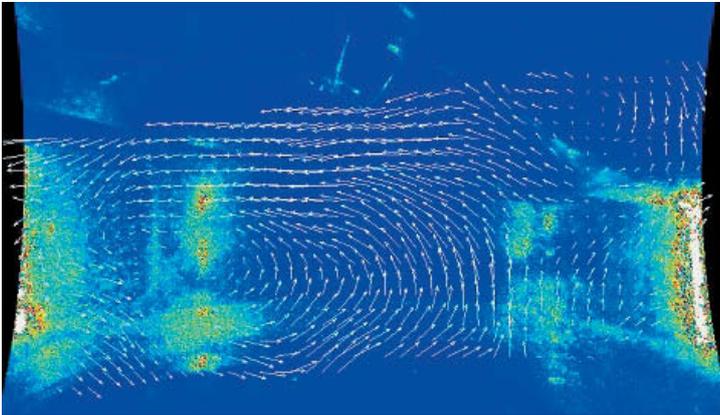


表面の3次元ベクトルマップ

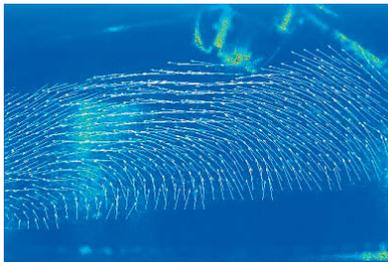
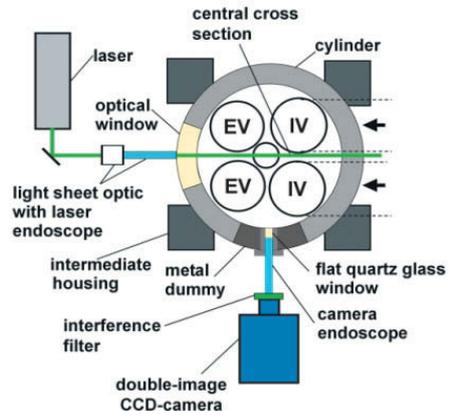


## ICエンジン内旋回流のPIV

### エンドスコープPIV



レーザ&カメラエンドスコープ PIV解析結果(広視野角)



Nikonレンズf=50mm  
(観察窓で限定される視野サイズ)

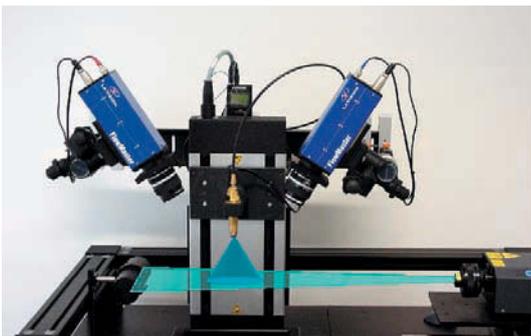


カメラエンドスコープ装着例

フォルクスワーゲンAG

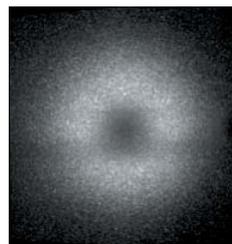
## オイルスプレーノズルのマスフラックス計測

### 3D-PIV + LIF

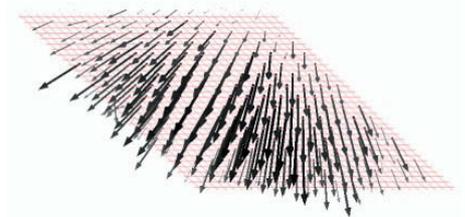


#### セットアップ

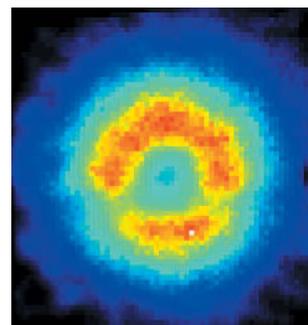
- ・ダブルパルス UV レーザ
- ・CCD カメラ × 2 台
- ・シャインフルーグカメラマウント
- ・LIF フィルター



LIF画像:密度



ステレオPIV画像:速度ベクトル



LIF画像 × PIV画像:マスフラックス



**KANOMAX**

日本カノマックス株式会社  
流体研究計測ソリューションズディヴィジョン

本社 565-0805 大阪府吹田市清水2番1号  
カノマックスホームページ <http://www.kanomax.co.jp/fgroup.html>  
お問合せ e-mail: [fluids@kanomax.co.jp](mailto:fluids@kanomax.co.jp)

LaVision GmbH レーザイメージングシステム 日本国内総代理店

---

販売拠点

東京営業所 〒105-0013 東京都港区浜松町2丁目6番2号 TEL (03) 5733-6583 FAX (03) 5733-6584

大阪営業所 〒565-0805 大阪府吹田市清水2番1号 TEL (06) 6877-8679 FAX (06) 6877-6849

---