

Photron

偏光高速度イメージング装置 CRYSTAシリーズ

総合カタログ

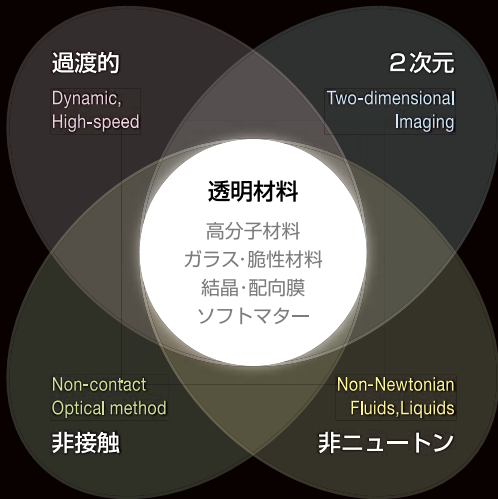
# CRYSTA

世界最高速!※ 秒間100万枚の偏光イメージング



# 透明材料の「内部応力」と「配向構造」を可視化できる、世界最高速の偏光高速度カメラ

CRYSTAは、2014年の販売以来、50システム以上の販売実績があります。



材料加工時の内部応力分布可視化と加工条件の解析

衝撃破壊・割れにおけるクラック周辺部の応力伝播の評価

液晶・結晶材料に対する結晶軸・配向状態の動的観察

粘弾性体・ソフトマターで生ずる流動性応力分布の可視化

## 偏光は様々な物理量や物性の測定、および可視化が可能



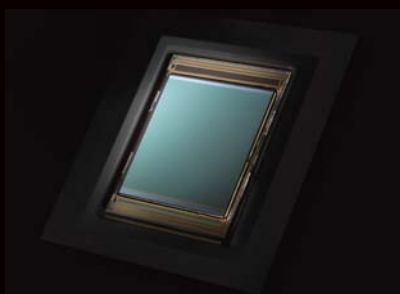
偏光は「振動方向が規則的な光」であり、目視では認識できない光の状態です。

光の偏光状態は透過した物体の内部構造や反射した物体の表面形状などによって変わるため、対象物への入射・出射前後の偏光状態を求めると、様々な物理量の測定や現象の可視化へ応用できることが知られています。

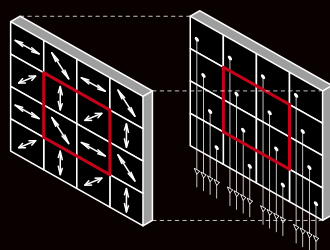
さらに、この「偏光」に「高速度イメージング」の技術が合わさることで、例えば、透明材料の加工時に工具へ加わる負荷を画像から検討したり、衝撃試験や流動現象における応力の伝播・緩和過程を可視化する、配向膜の空間的な性能の均一性を非接触で定量的に計測する、など従来では想像もできなかったような新しい画像計測が可能となります。

## 独自のコア技術「偏光高速度イメージセンサ」

画素毎に方位の異なるフォトニック結晶型マイクロ偏光素子アレイを実装したイメージセンサであり、(株)フォトンと(株)フォトリティスによる共同開発によって完成しました。これまで偏光計測に不可欠であった偏光板の回転動作を不要にし、1度の露光で偏光計測に必要な光強度情報を取得できる特徴を有します。さらに、独自の画素並列読み出し回路と偏光素子を直結させることで繰り返しサンプリング速度を従来比1000倍以上に向上させた、全く新しいイメージセンサです。

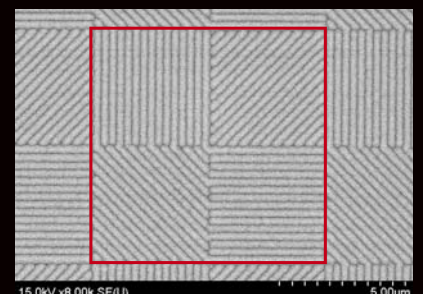


偏光高速度イメージセンサ



マイクロ偏光素子アレイ 高速度イメージセンサ

構造図



15.0kV x8.00k SE(U)

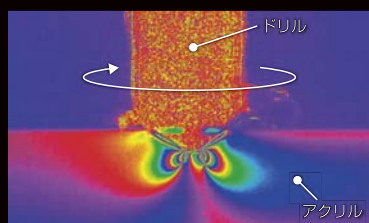
5.00um

隣接4画素のSEM写真

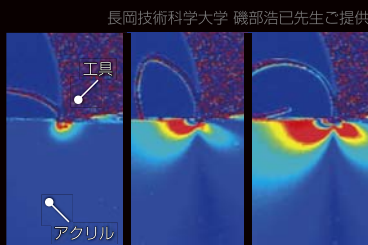
# 透明材料や透明成形品の研究開発へ、従来にない新たな評価指標を

CRYSTAは、樹脂やガラスをはじめとする透明材料や複雑流体の「位相差 (nm)」と「主軸方位 (°)」の分布を計測することができます。位相差は材料内部における応力の強さや配向度合いに比例し、主軸方位は構造が配向している向き (配向角) を意味しています。また、モノクロ高速カメラとしても使用することが可能なため、様々な研究開発分野において新しい評価技術として活用されています。CRYSTAを使うことでどのような検討が可能になるのか、具体的な事例を紹介します。

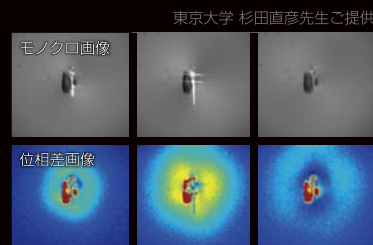
## 内部応力



**精密加工時の応力分布** [詳細はp.04へ](#)  
加工応力の空間的な分布を高速度に可視化、材料・工具に加わる瞬間的な負荷の増減から切削性能や加工精度を評価できます。

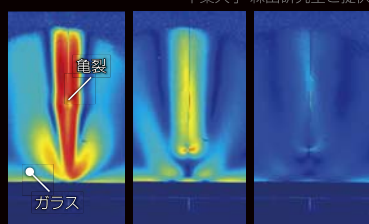


**超音波加工による応力特性**  
各種信号として同期し撮影することが可能。工具先端部に集中する応力が刻一刻と変化する様子を撮影することに成功しました。

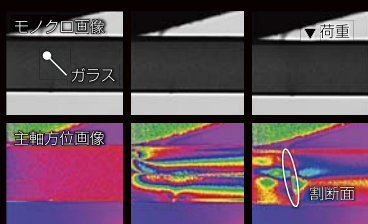


**ガラスのレーザ加工**  
レーザによる穴あけ加工時の応力分布。応力集中の発生から周囲への伝播、緩和までを計測、加工条件の評価に応用できます。

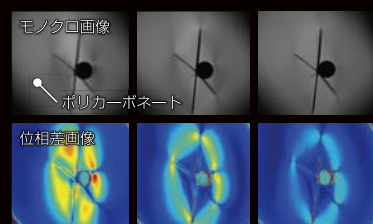
## 応力伝播



**レーザによるガラス割断** [詳細はp.05へ](#)  
き裂が進展していく周辺での応力伝播を高速度に可視化することで、現象をより明確に評価し、品質の推定に応用できます。

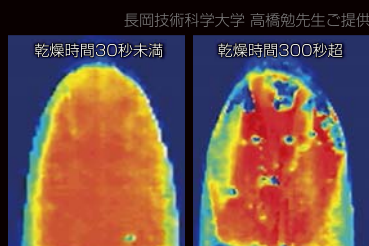


**ガラス割断時の主軸方位**  
高速度カメラでさえ可視化が難しいような現象でも、偏光で材料の内部状態を可視化することにより新たな知見が得られます。

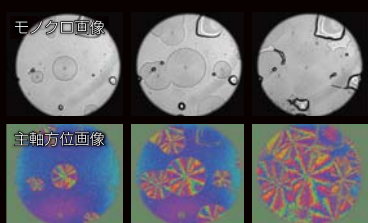


**脆性材料の衝撃割れ**  
衝撃試験における応力伝播を高速度に撮影。脆性材料や高速な破壊現象に対しても効果を発揮し、有効な計測が可能となります。

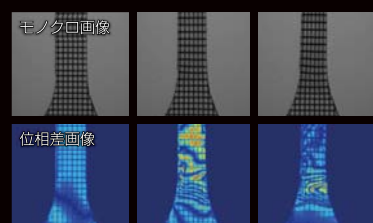
## 配向状態



**塗布膜の配向特性評価** [詳細はp.06へ](#)  
液晶膜を異なる条件下で乾燥させた際の位相差分布。点計測では把握ができなかった欠陥や乾燥過程の変化も評価可能です。

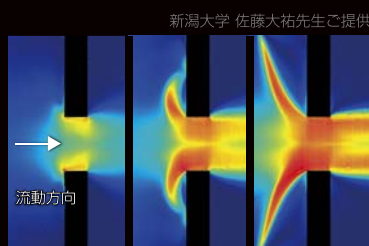


**高分子球晶の配向状態**  
結晶の主軸方位を色として定量的に表示。高分子材料をはじめとし、SiCなどの結晶軸や格子歪みを評価することもできます。

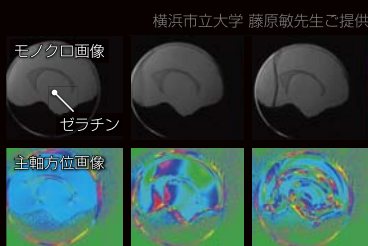


**伸張時の材料特性評価**  
CRYSTAを引張試験機と組み合わせることで、局所的な応力分布や厚みの不均一性を高い時間分解能で計測することができます。

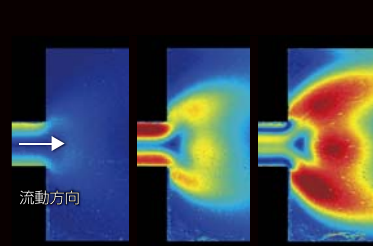
## 流動異方性



**マイクロ流路内の流動異方性** [詳細はp.07へ](#)  
顕微鏡にCRYSTAを取り付け、微小な流れ場における流動異方性や応力緩和の過程を定量的に計測することも可能です。



**生体材料のダメージ解析**  
CRYSTAは医療分野にも応用されています。この画像は脳を模したゼラチンモデルを使い、脳中で力の反響を可視化した例です。



**高分子液体の流れ可視化**  
樹脂成形過程における流路形状の検討など、応力を可視化することで不良箇所の特定制改善等にも応用されています。





精密加工における被削材内部の位相差分布を高速度かつ高倍率に観察

導入事例 ①

「透明材料 × 内部応力」

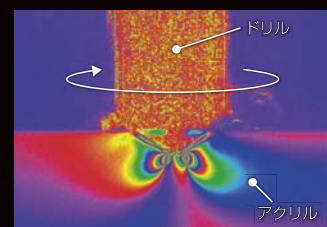
# 高速加工現象の応力分布を可視化

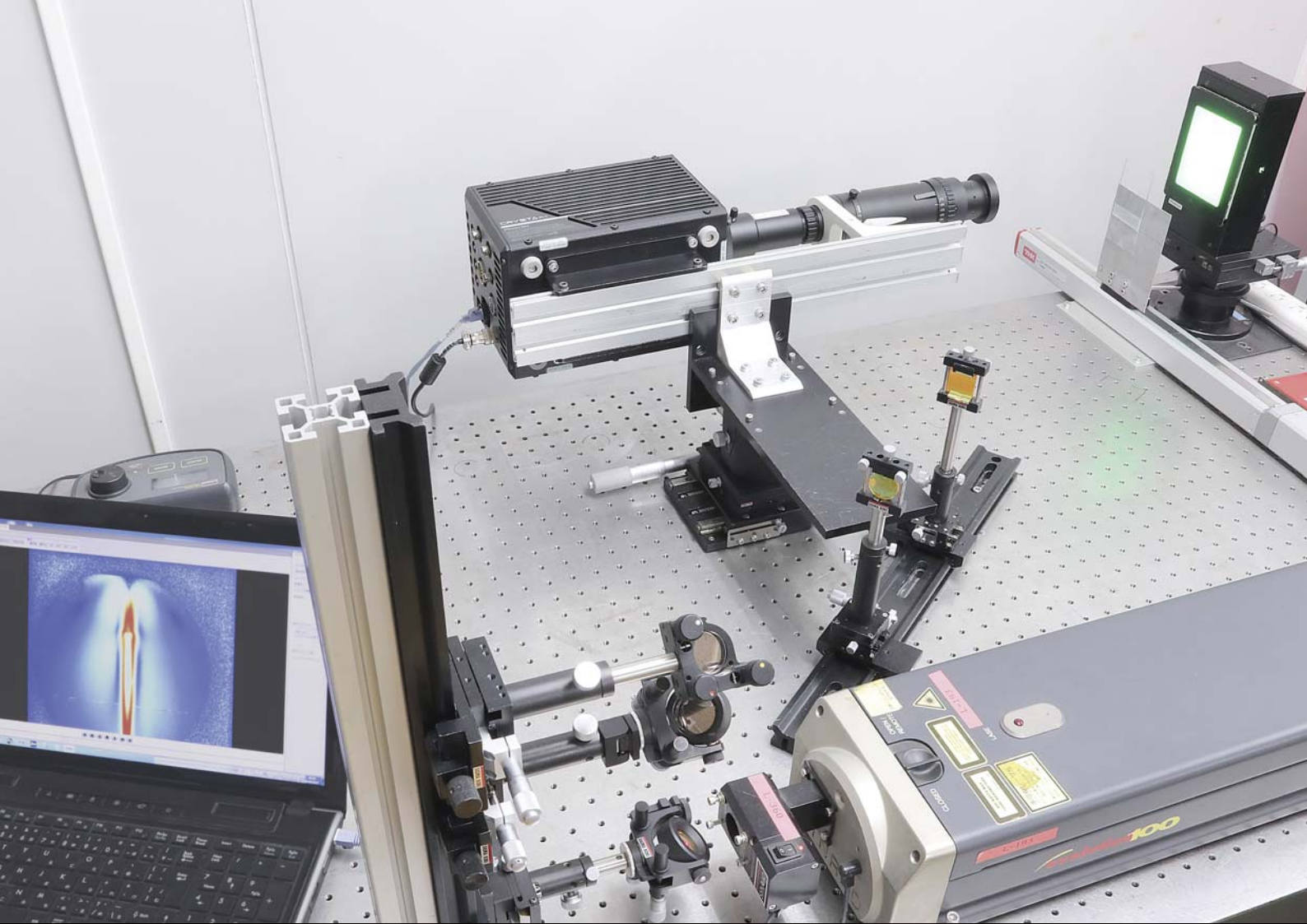
## 「被削材内部応力の可視化による切削現象の解析」

長岡技術科学大学 工学部 精密加工・機構研究室 磯部浩己先生

準静的な二次元切削加工現象は、古くから理論的・解析的および実験的に検証が行われている。しかし、実際の加工は動的に変化し、特にガラス加工時におけるクラックの発生は瞬間的な現象である。このような加工状態を測定する方法としては、工具動力計が一般的に用いられる。これは刃物台や被削材固定台と工作機械の間に設置し加工抵抗を測定するものであるが、個々の切れ刃や砥粒が、どのように応力を発生させ、被削材を加工しているかはわからない。特に、ダイヤモンド電着砥石を用いたガラス加工における加工条件の最適化は、試行錯誤によるところが多い。その理由は、工具動力計の計測では、いつ、どの砥粒が、どのように欠損を生じさせたかがわからなく、発生する現象も偶発的であるためである。

これに対して、CRYSTAを用いた応力測定手法では、工具表面に多数ある砥粒の中から、どの砥粒がどのように加工しているかをオンマシンで計測することができた。さらに、CRYSTAのもつ優れたトリガ入出力機能を駆使することにより、超音波帯域における加工現象の同期撮影にも成功した。





レーザによるガラス切断加工における位相差分布の長作動距離計測

## 導入事例 ② 「ガラス・脆性材料 × 応力伝播」

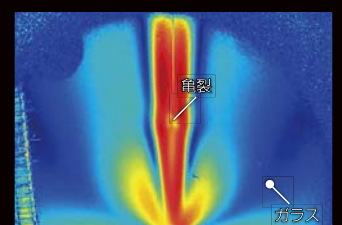
# ガラスの亀裂進展過程を評価

### 「高速偏光計測によるガラス割断面品質のリアルタイム推定」

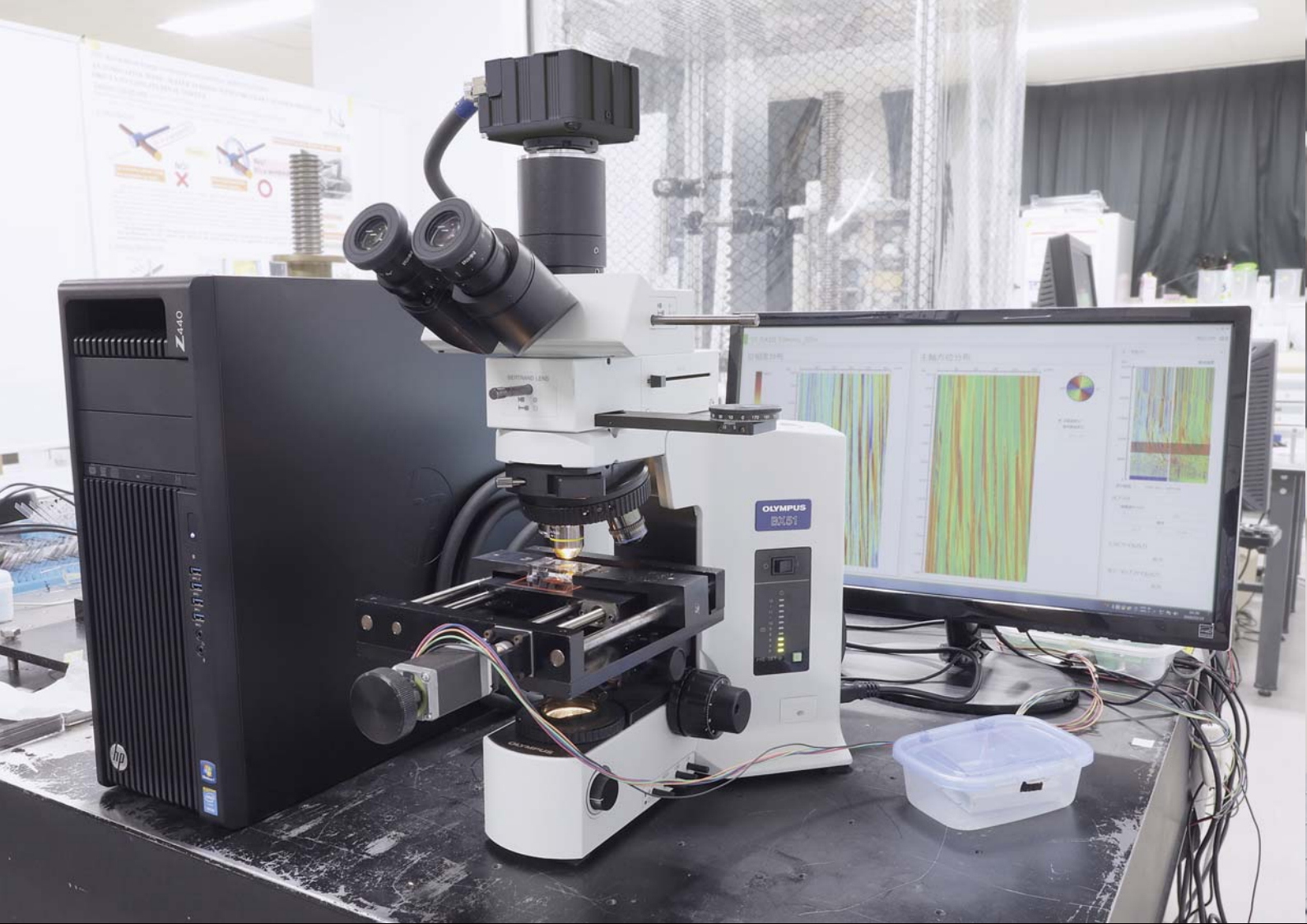
千葉大学大学院 工学研究院 加工物理学研究室 森田昇先生、比田井洋史先生、松坂壮太先生

電子機器等に使用されるガラス基板は切断法によって所望の形状に分割されることが多く、機器の小型化・薄型化にともなって、破断面の品質向上が強く求められている。切断されたガラスの破面形態は、形成される亀裂の進展挙動に依存し、亀裂進展挙動はガラスの内部応力場によって決定される。従って、偏光計測法によって亀裂進展時のガラス内部応力場を把握することができれば、割断面の品質を推定することが可能となる。

CRYSTAは高い時間分解能で複屈折位相差を計測できることから、切断の際のガラス内部応力場の可視化手法として非常に有効である。我々は、亀裂進展挙動によって位相差変動の特徴が異なることに着目し、亀裂形成直後にリアルタイムで破断面形態を推定する手法を提案してきた。CRYSTAの高い時間分解能を活用すれば、破断面不良を即座に把握することが可能となるため、ガラス基板の製造・加工工程における歩留まり向上に貢献できるものと考えられる。







液晶性色素の塗布・乾燥過程における構造変化の顕微鏡観察

### 導入事例 ③ 「結晶・配向膜 × 配向状態」

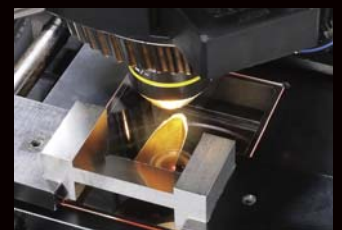
## 塗布膜全体の配向過程を評価

### 「塗布・乾燥過程における構造変化の高速光学特性計測」

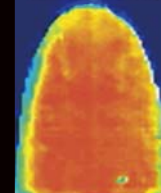
長岡技術科学大学 工学部 流体工学研究室 高橋勉先生

複屈折と配向角が同時に、かつ、高速度で二次元画像として求められる、そんな夢のような装置が実在するならトライしてみたい研究課題が山ほどあった。例えば高分子流体の二次元流れ場に対する流動複屈折観察法は数十年前に開発された技術であるが、クロスニコル偏光板による位相差 $\pi$ の整数倍の明暗を縞模様として測定するため極めて強い複屈折を示す流体と光路長の長い流路が必要だった。CRYSTAが研究室にやってきて、マイクロチャンネル内の粘弾性流体の流動複屈折分布がいとも簡単に計測できてしまった。マイクロPIVと組みあわせれば速度場と応力場の同時計測が可能となる。夢のようだ。

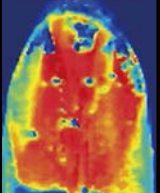
写真の計測装置は液晶性色素の塗布・乾燥過程の複屈折分布を可視化するために製作したものである。ガラス基板上に1~5ミクロンの厚さで塗布された試料は分子配向状態の液膜となる。乾燥過程における配向状態の変化を複屈折分布から観察した。従来の点計測による複屈折では知ることができなかったテクスチャ形成や乾燥線進行に伴う複屈折の変化を見だし、複雑流体の薄膜乾燥に関して新たな視点を獲得することができた。トライしてみたい課題はまだある。CRYSTAのおかげで寝不足が続く。

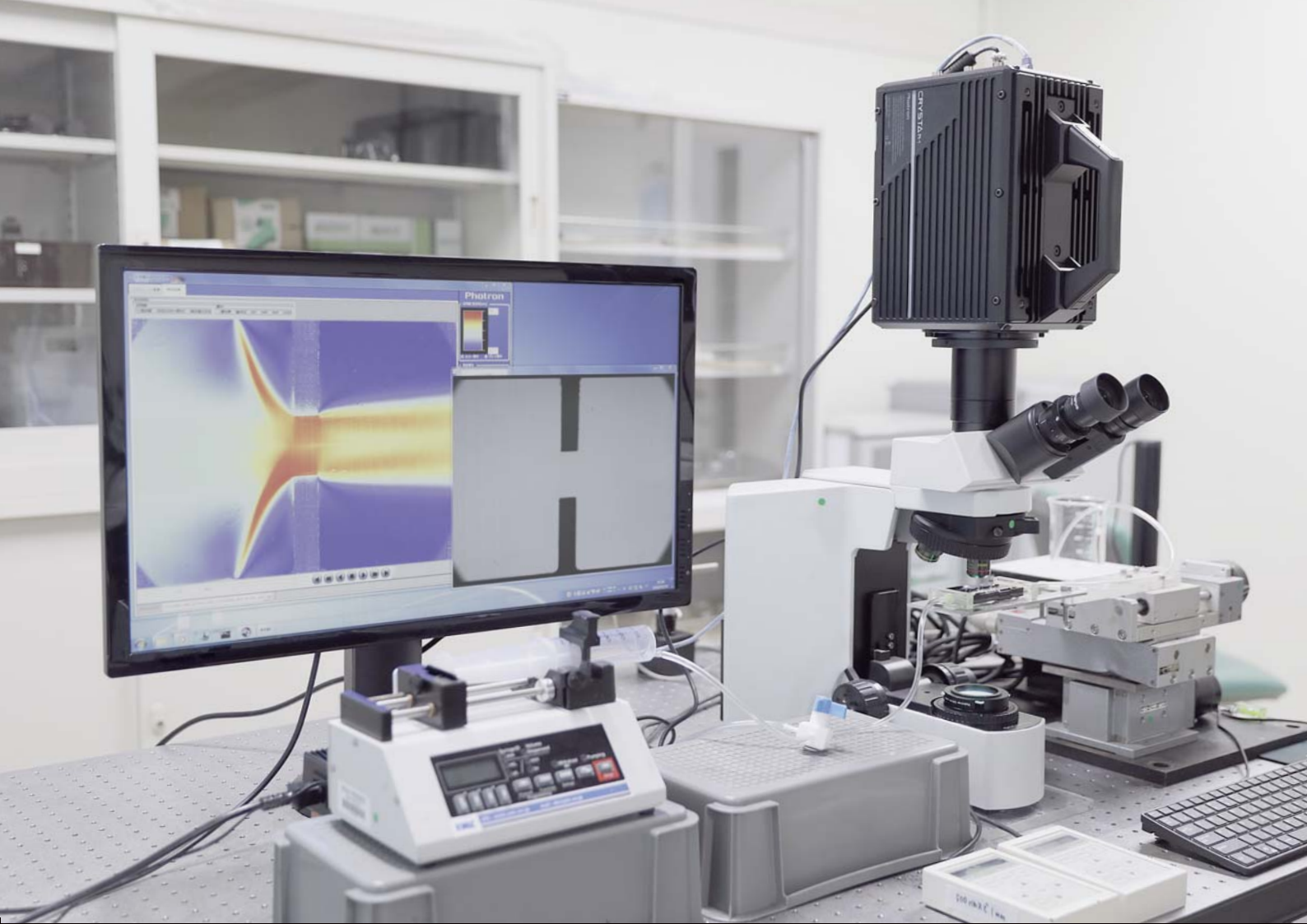


乾燥時間30秒未満



乾燥時間300秒超





マイクロ流路内を流れる複雑流体の流動異方性を高速度撮影

## 導入事例 ④ 「ソフトマター × 流動異方性」

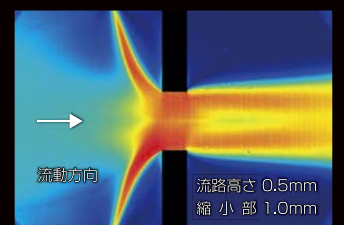
# 流体の内部構造変化を観察

### 「樹脂成形の流れ場や残留応力を計測できる高速度カメラ」

新潟大学 研究推進機構超域学術院 佐藤大祐先生

プラスチック融液を代表とする高分子流体は、流動によって高分子の姿勢（配向）が大きく変化し、成形品の品質は、高分子の配向状態に強い影響を受ける。流動で生じる高分子の配向メカニズムを知ることが非常に重要であり、そのために流動複屈折測定は有力な測定手法として用いられてきた。しかしながら、リアルタイム計測でかつ面計測（2次元計測）によって複屈折と配向情報を取得することは技術的に極めて困難であった。

写真はマイクロ流路における実験風景とCRYSTAによって得られた流動複屈折場を示している。光学測定といえば何やらたくさんの光学素子が並び、並び順はこれで光学軸はあれで、といった呪文が飛び交うことが多々ある。しかしCRYSTAの場合は、光源とCRYSTAの間にサンプルを置くだけ（！）で測定ができ、さらに、複屈折分布から応力場を評価することも可能である。CRYSTAは上述した技術的課題を解決しただけでなく、複屈折測定の敷居をも下げた画期的な装置といえる。



# CRYSTA

## 製品仕様

	CRYSTA PI-1P	CRYSTA PI-5WP
外観		
システムの特徴	超高速偏光イメージング	PCメモリへのリアルタイム転送およびSDK付属
撮像素子	偏光高速度イメージセンサ	
偏光子	直線偏光子	位相子 + 直線偏光子
偏光動作波長域 (nm)	520 ~ 570	
画素階調 (bit)	12	
最高有効画素数 白黒撮影時	1024 × 1024	848 × 680
最高有効画素数 偏光撮影時*1	512 × 512	424 × 340
最高有効画素数撮影速度 (コマ/秒)	60 ~ 7000	15 ~ 250
最高撮影速度 (コマ/秒)	1,550,000	10,000
最短露光時間 (nsec)	369	2,893
レンズマウント	GタイプFマウント/Cマウント	Cマウント
PC接続・制御インターフェイス	1000BASE-T	PCI Express
保存データ形式	RAW、AVI、BMP、CSV他*2	
AC電源電圧 (V)	100 (200V希望は別途相談)	
AC電源周波数 (Hz)	50 ~ 60	
AC消費電力 (VA)	130	600 (制御PC含む)
DC電源電圧 (V)	20 - 36	12
DC消費電力 (VA)	130	20
標準メモリスizes (GB)	32、64	32
記録時間 (秒)	2.98 (7500コマ/秒時)	11.46 (250コマ/秒時)
カメラ (ヘッド) 外形寸法 (mm)	カメラ: 153 × 165 × 243 (WHD)	カメラヘッド: 74.4 × 74.5 × 62.35 (WHD)
カメラ (ヘッド) 重量 (kg)	カメラ: 7.4	カメラヘッド: 0.48
カメラヘッドケーブル長 (m)	-	5、15
トリガ方式	TTL、接点、ソフトウェアトリガに対応	

\*1 フォトロン製ソフトウェアで偏光解析を実施する場合の解像度です。

\*2 保存データ形式は使用するソフトウェアによって異なります。詳細はお問い合わせください。

\* 日本国外での使用をご検討の際は、輸出規制対象製品も含まれますので、必ず弊社にご相談ください。



お問い合わせ窓口: システムソリューション事業本部 光学計測部

E-mail: polarizing-camera@photron.co.jp

# Photron

株式会社 フォトロン

本社 〒101-0051 東京都千代田区神田神保町1-105 神保町三井ビルディング  
TEL 03-3518-6271 FAX 03-3518-6279

記載の意匠や仕様は、予告なしに変更されることがあります。

記載の製品名等は、各社の登録商標または商標です。

本製品を正しく安全にご使用いただくため、「取扱説明書」をよくお読みください。

記載の画像、グラフ等はイメージです。実際のものとは異なる場合があります。

販売代理店:

**クロニクス株式会社**

〒160-0023 東京都新宿区西新宿3-2-11

新宿三井ビル二号館9F

TEL:03-5322-7191 / FAX:03-5322-7790

Email:sales@chronix.co.jp

http://www.chronix.co.jp

<https://www.photron.co.jp>

G18727STN 2018年9月現在