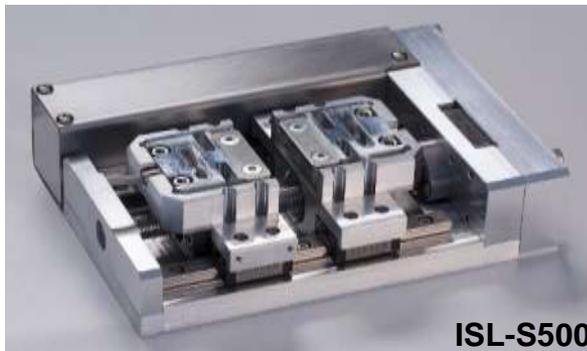
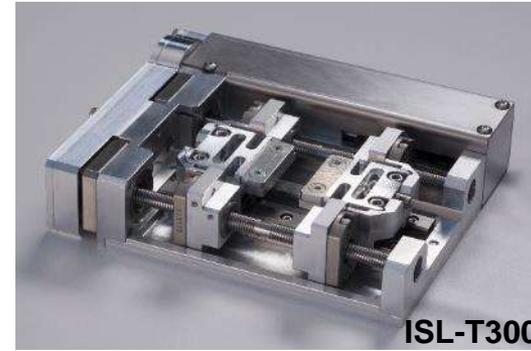


その場観察用応力負荷試験機 【 ISL-T300/S500 】

活用事例 Ver6.0



ISL-S500



ISL-T300



コントローラ

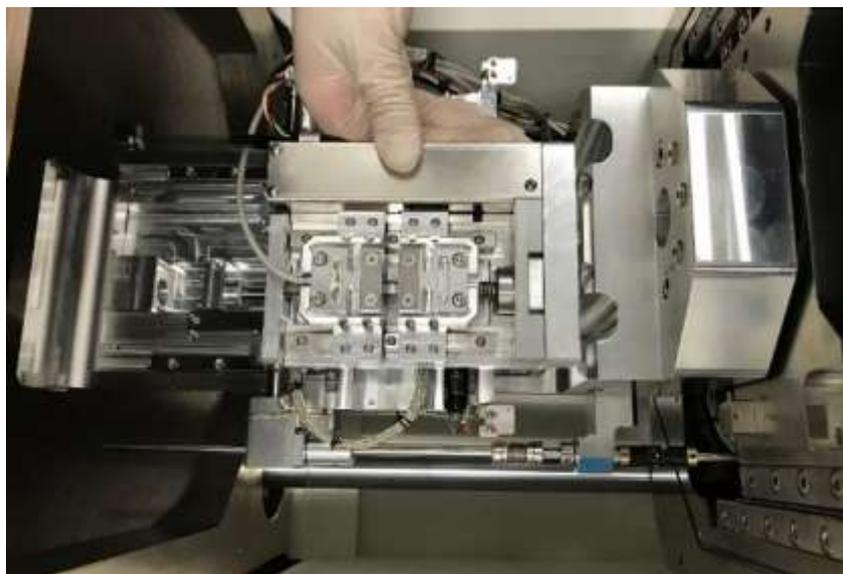
株式会社三弘 商品企画部 担当: 川瀬

URL、<https://www.sanko-web.co.jp/pb/>

TEL、052-735-8888 E-mail、kawase@sanko-web.co.jp

電子顕微鏡(SEM)との組合せ {ISL真空モデル}

- 微視的その場観察による**表面の疲労損傷挙動評価**
 - ・ 疲労寿命予測を高精度化できる
 - ・ 高い疲労特性を発現する新材料の開発に寄与できる
- 特殊鋼開発用 **結晶方位分析**
 - ・ 電子線後方散乱回折 (EBSD) 法を活用
- ゴム・CFRP・新素材の開発



【専用コネクタ】

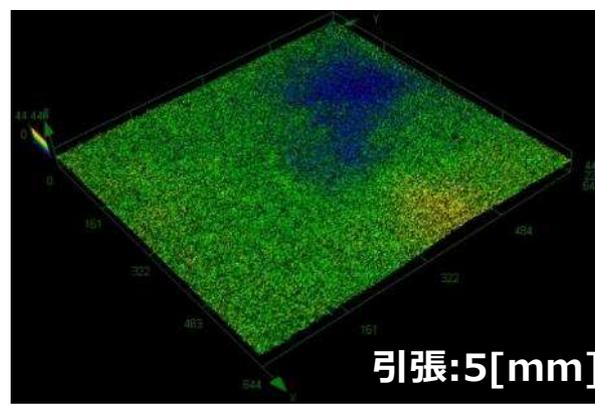
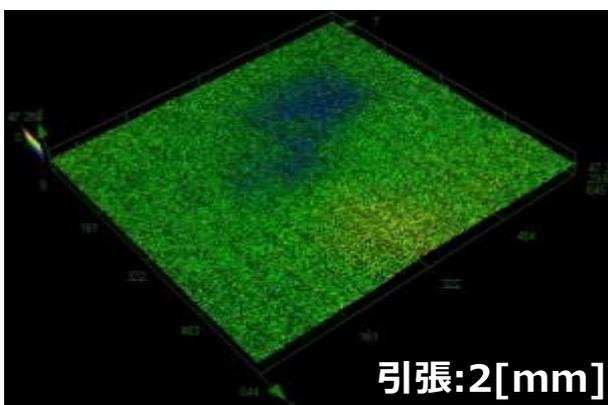
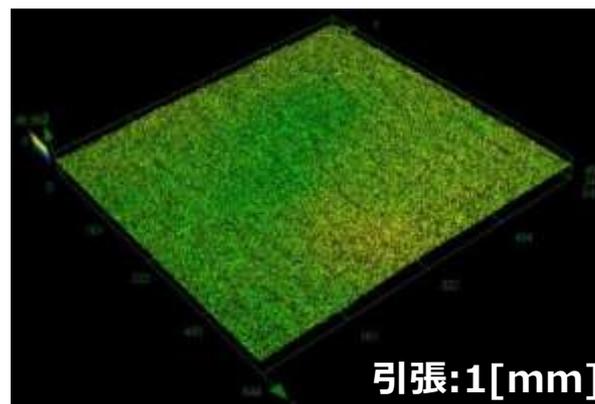
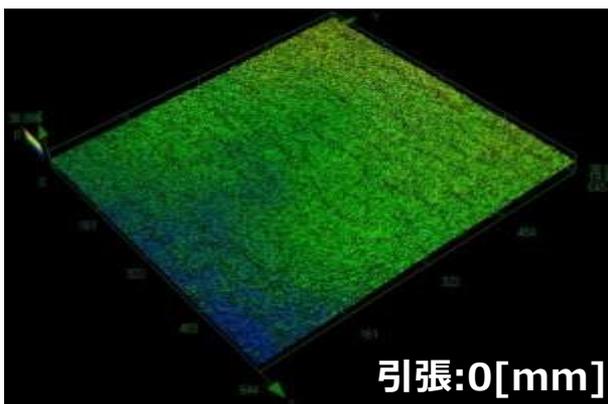


各種顕微鏡との組合せ {ISL大気モデル}

- 今までは困難だった、
顕微鏡下の応力負荷時の経過観察が簡単に可能
- 設置は簡単！資料台（ステージ上）に乗せるだけ



レーザー顕微鏡との組合せ「天然ゴム」



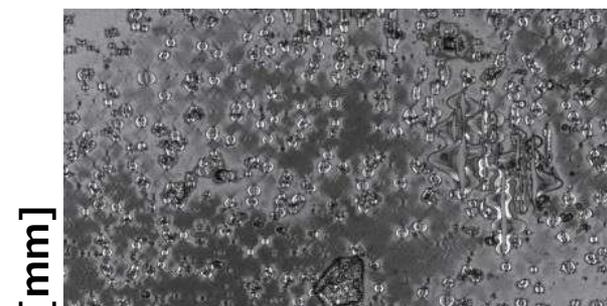
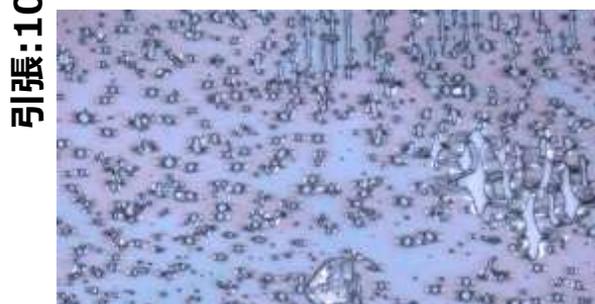
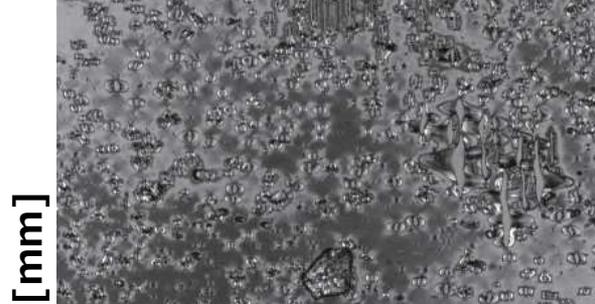
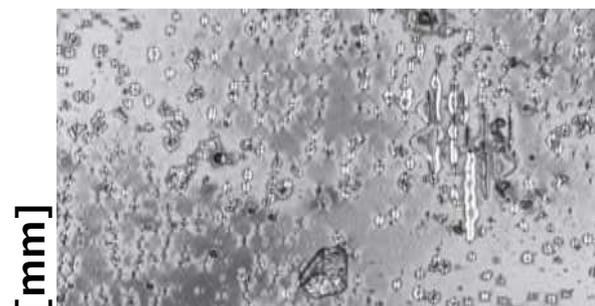
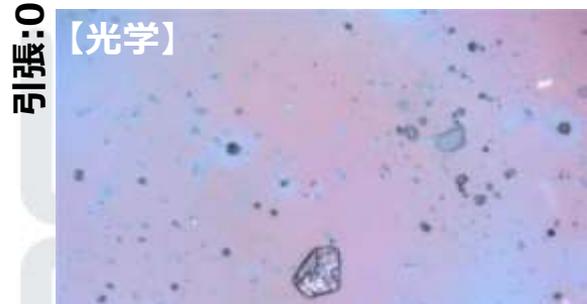
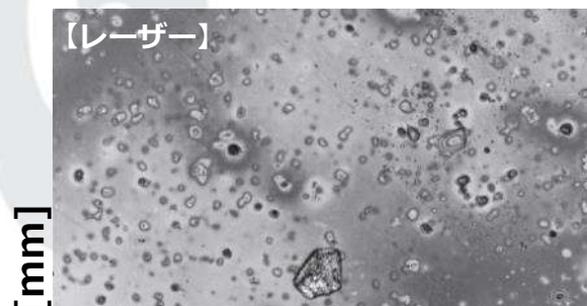
【解析値】

番号	Sq[μm]	Ssk	Sku	Sp[μm]	Sv[μm]	Sz[μm]	Sa[μm]	Sk[μm]	Spk[μm]	Svk[μm]
0mm	2.066	0.067	4	14.443	19.702	34.145	1.599	4.907	2.377	2.18
1mm	2.791	-0.019	3.468	18.681	19.054	37.735	2.185	6.752	2.922	2.931
2mm	3.193	-0.028	3.218	18.418	20.426	38.844	2.519	7.84	3.12	3.242
5mm	3.687	0.158	3.237	20.091	19.376	39.466	2.909	9.102	4.09	3.33

※パラメータ：Sz・Sa共に引張距離に応じて増加している
 (局所的にも全体的にも粗さが増している)

※オリンパス製、レーザー顕微鏡と組合わせ

レーザー顕微鏡との組合せ「OHPフィルム」



※光学イメージでは捉えられない
微細な変化をレーザーイメージ
で捉えることができる。

※光学とレーザーの比較ができる。



※オリンパス製、レーザー顕微鏡と組合わせ

X線透視装置との組合せ

{コネクタとケーブルの延伸時内部変化のその場観察に}

- コネクタとケーブル接続点の延伸による内部変化は、X線透視装置を活用することで観察可能

！延伸過程での内部変化をリアルタイムに目視観察できます

設置イメージ



【組み合わせ装置】

三弘製：
応力負荷試験機

ISL-T300

+

島津製作所製：
X線透視装置

SMX-1000

応力負荷試験機【ISL-T300】

- ・最大荷重 : 300N
- ・移動距離 : 最大30mm
- ・チャック間隔 : 2~32mm
- ・試験片厚さ : 1.5mm以下
- ・試験速度 : 0.08~8mm/min

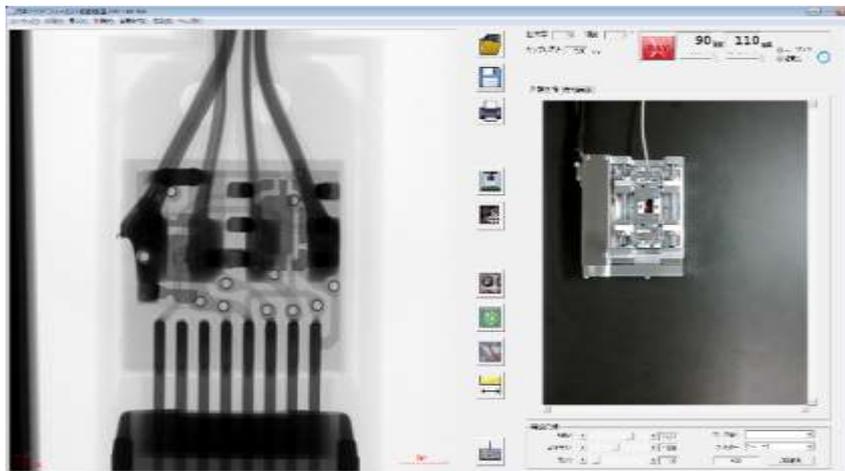
X線透視装置【SMX-1000】

- ・空間分解能 : 5 μ m
- ・受光部傾動 : 最大60°
- ・最大出力 : 90kV (10W)
- ・操作視野 : 約1.7~35mm
- ・拡大率 : 約8~161倍

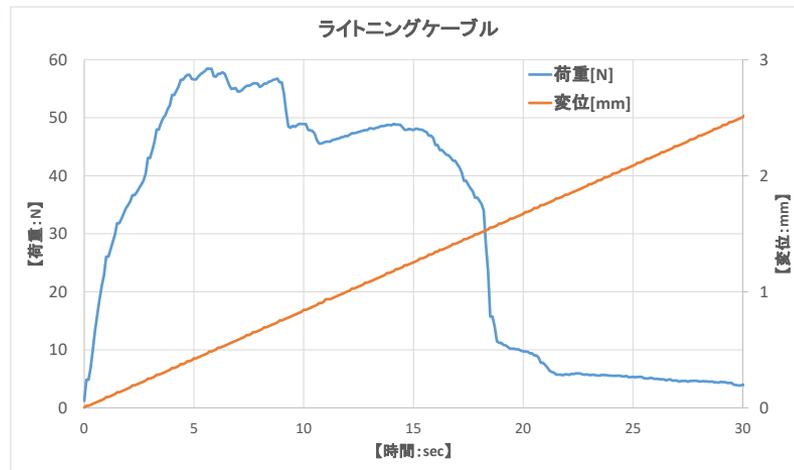
X線透視装置との組合せ

{コネクタとケーブルの延伸時内部変化のその場観察に}

アプリケーション画面
【SMX-1000より】



荷重と変位
【ISL-T300より】

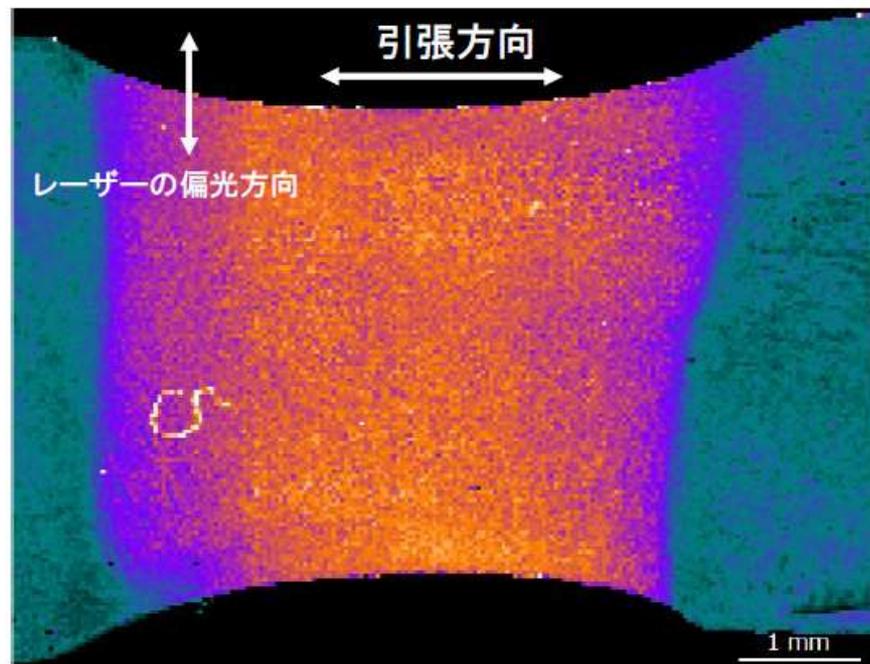


観察イメージ

引張によりコネクタとケーブルの内部変化例



顕微ラマン分光との組合せ 1 {PETフィルム}

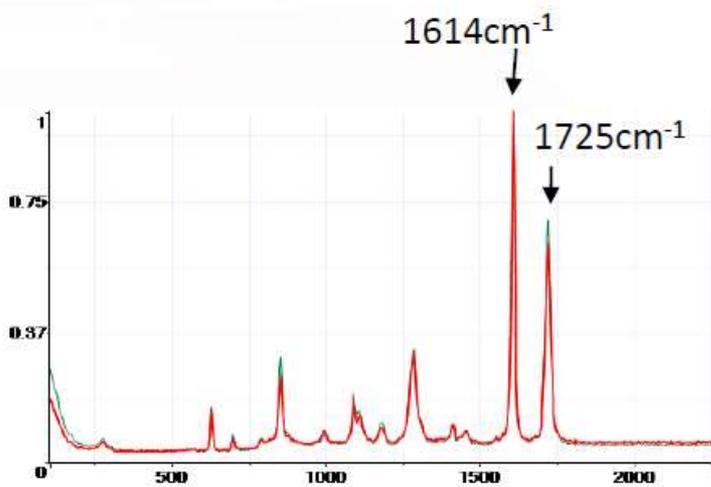


$$I_{1725\text{cm}^{-1}} / I_{1614\text{cm}^{-1}}$$

1.2

配向が強い

0.5



分子の配向方向に対して垂直の直線偏光成分のレーザーを照射したとき、ピーク強度比 (I_{1725} / I_{1614}) の値が大きくなります。

上図のように引張方向に対する分子配向の度合いを可視化することができます。

顕微ラマン分光との組合せ 2

○応力負荷試験中のひずみ測定が可能

- ・高い空間分解能：1 μm ～ ※ひずみゲージの場合：100 μm ～
- ・ひずみの絶対値が測定できる ※ひずみゲージの場合：前後の相対値

○炭素繊維のひずみ測定が可能

- ・直径5 μm の繊維一本の測定ができる
- ※炭素繊維強化プラスチック（CFRP）の強化剤として使用される炭素繊維は一本の直径が約5 μm です

○炭素繊維強化プラスチック（CFRP）の界面はくり等の評価が可能

※物質にレーザを照射した際に発せられるラマン散乱光のスペクトルがひずみによりピークシフトすることを利用した測定法です。

※この方法でひずみを測定するためには、材料に「ひずみに比例してラマンスペクトルのピークがシフトする」材料が必要です。

偏光測定装置との組合せ

延伸過程での偏光の位相差、軸方位を定量評価

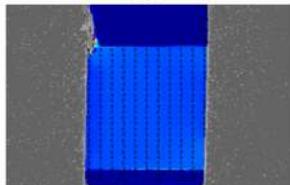
○応力負荷中の「位相差・軸方位」を定量評価

- ・ 広範囲を高速に測定できる
- ・ 「位相差・軸方位」の
応力負荷時の変化を捉える事ができる

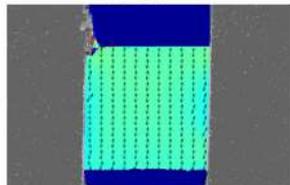


圧延方向=引張方向

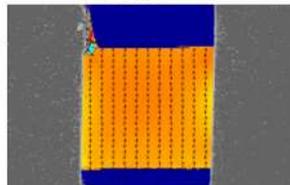
0N



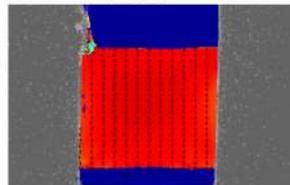
30N



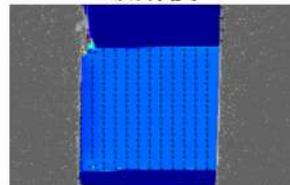
60N



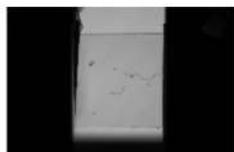
75N



破断後

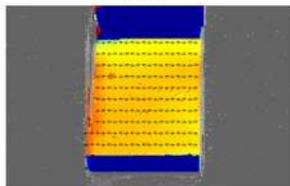


700nm
0nm

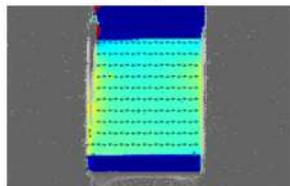


圧延方向⊥引張方向

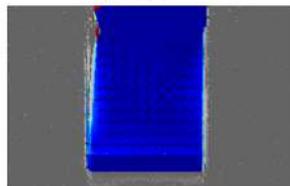
0N



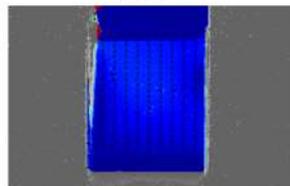
10N



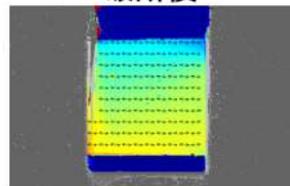
24N



28N



破断後

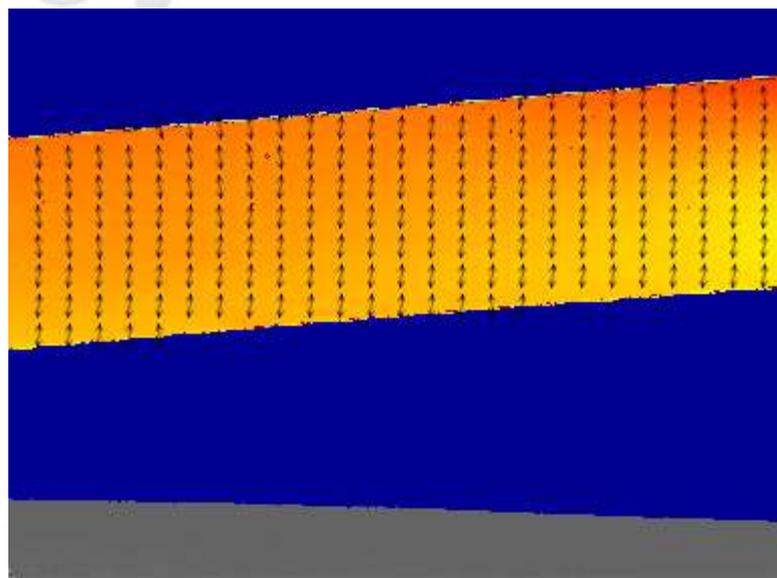


200nm
0nm

※フォトリソグラフィ製、複屈折評価装置と組み合わせ

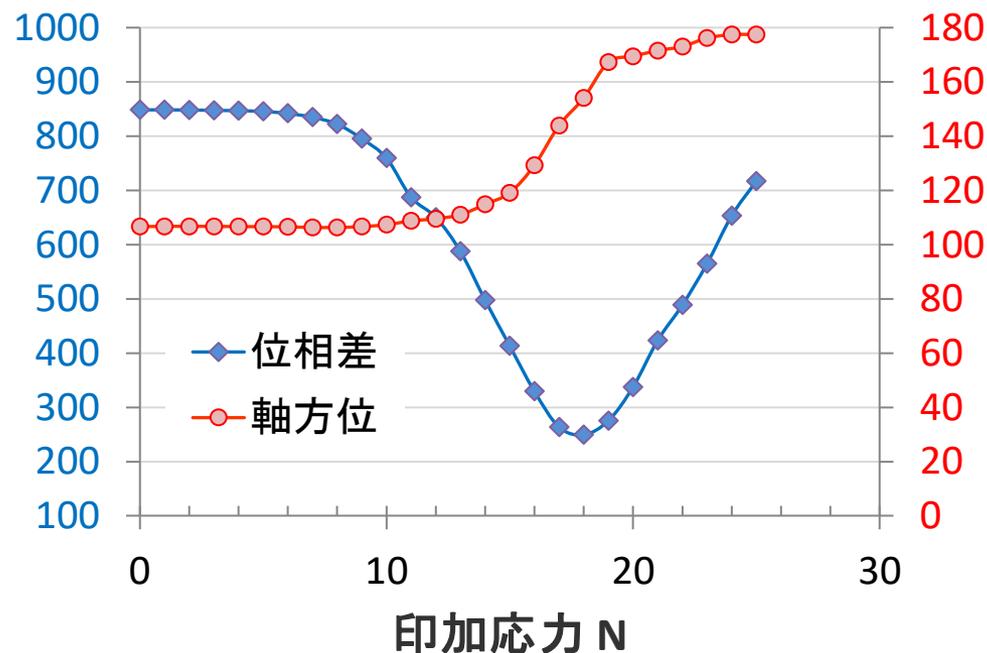
偏光測定装置との組合せ

延伸過程での偏光の位相差、軸方位を定量評価



位相差 nm

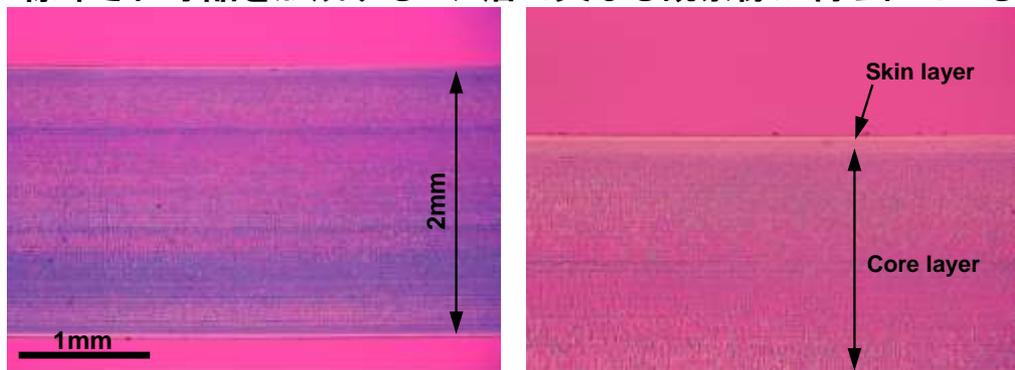
軸方位 °



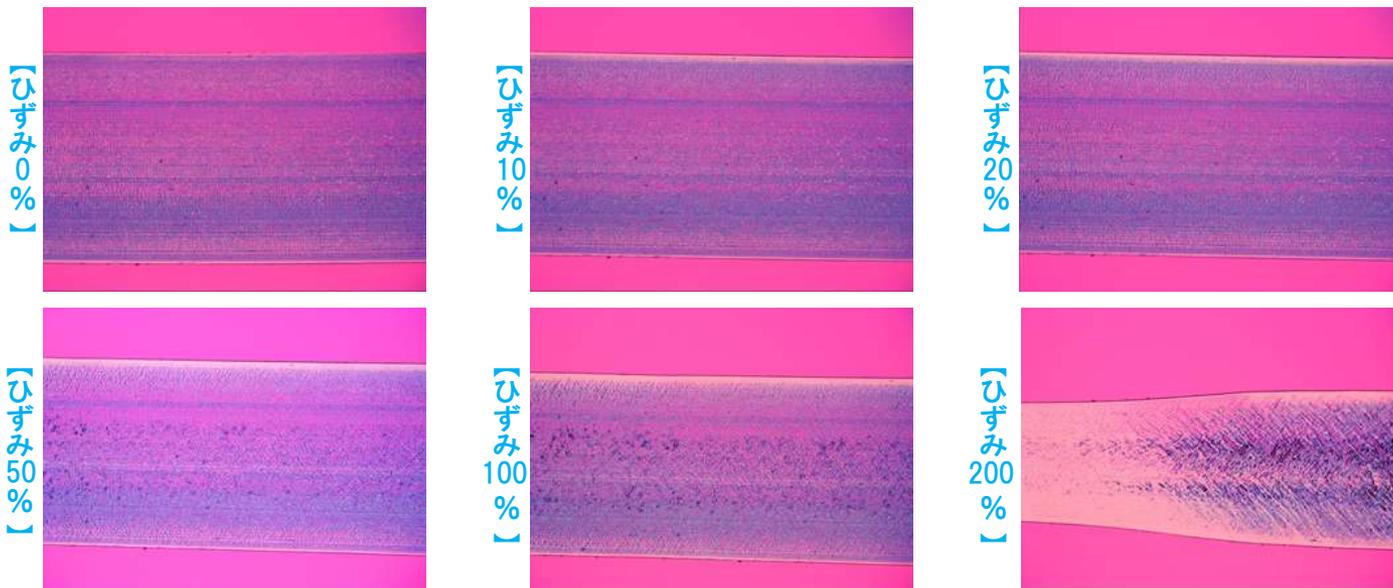
- 1: 応力が元々の複屈折を打ち消す方向に働いている
- 2: 分子配向(軸方位)が応力印加により回転
- 3: 分子配向が回転することで、応力が複屈折を強める方向に変化

偏光顕微鏡との組合せ {ポリプロピレンフィルム}

- 金型で急冷されるスキン層と徐冷され球晶を形成するコア層で異なる観察像が得られている



- ひずみ20%までは、延伸にともなう幅方向の圧縮のみで、結晶構造に由来する変化はほとんど現れていない。しかし、ひずみが50%に達すると、コア層で色の濃い部分が増え、100%に達した際には、色の濃い部分が延伸軸に対して45度方向に連なり、せん断帯の形成を示す徴候が現れた。さらに、200%まで延伸すると、多数のせん断帯とともに、ネッキング部を中心に延伸配向する様子が観察された。

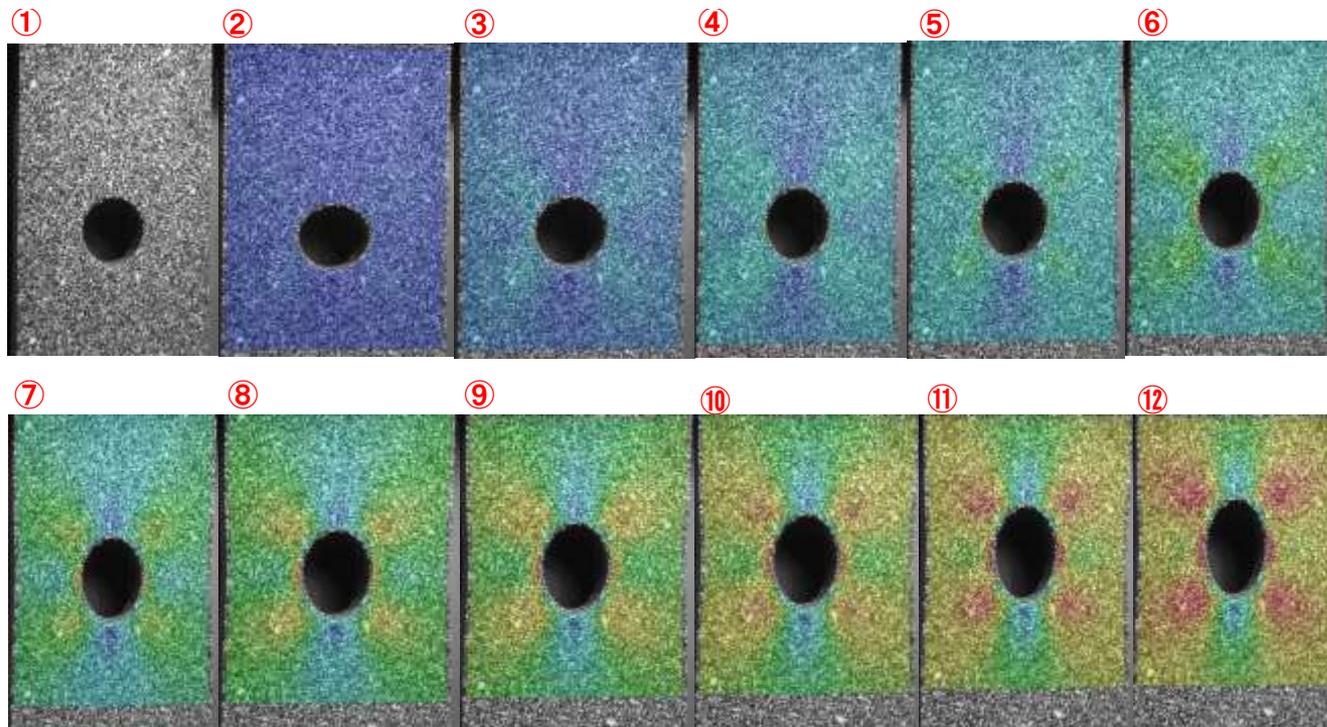


変形量計測・ひずみ解析ソフトとの組合せ

- 応力負荷試験中の変形やひずみを解析可能
 - ・2次元又は3次元で解析ができる
 - ・マイクロ領域からマクロ領域まで計測ができる
 - ・顕微鏡やX線装置等の各種取得画像データから解析ができる

！ 応力負荷試験 ⇒ 観察「画像取得」 ⇒ DICソフト:ひずみ解析

ひずみ解析結果

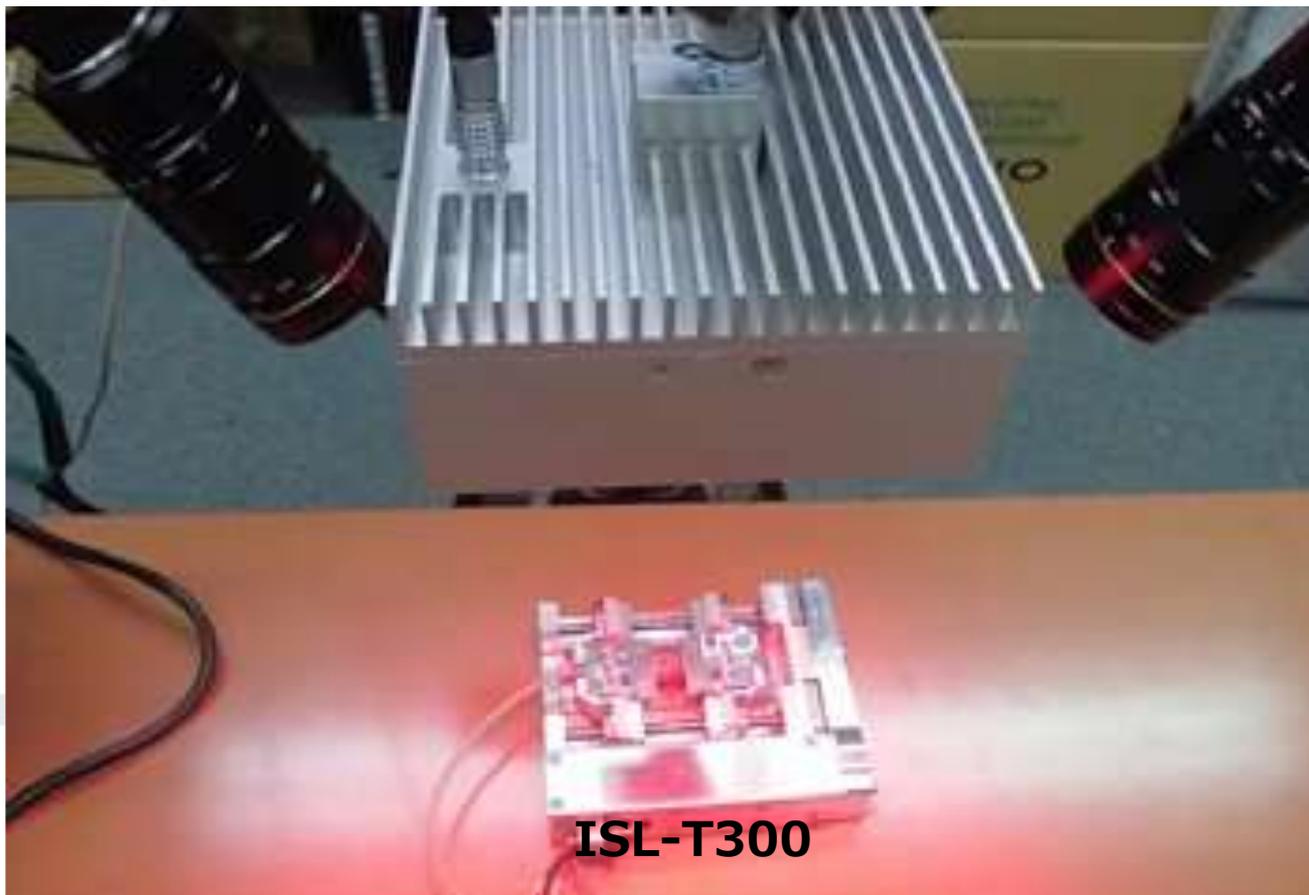


※GOM Correlate (フリーソフト) によるひずみ解析結果

UDテープの評価解析

DIC装置との組合せによる負荷時の変位分布解析

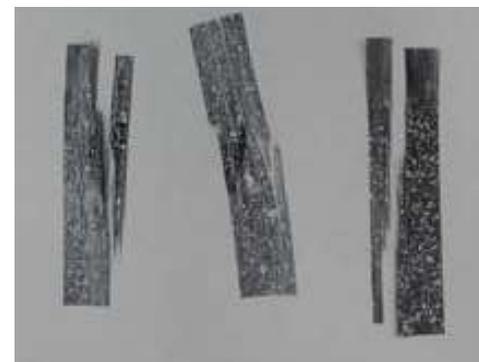
【試験状況】



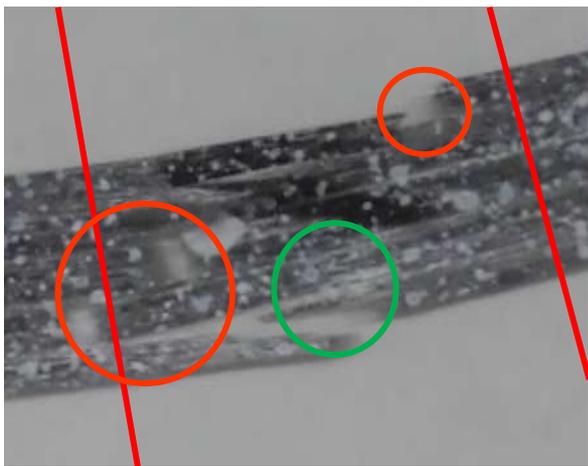
【試験前】



【試験後】



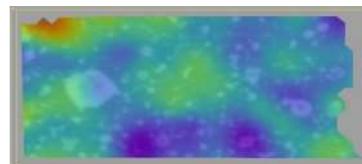
UDテープの評価解析



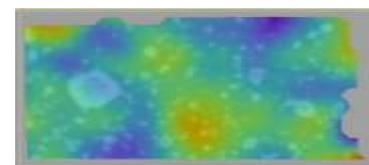
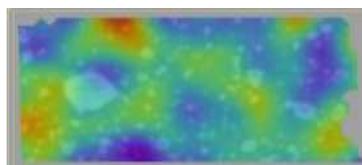
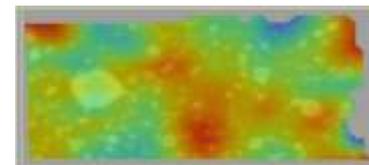
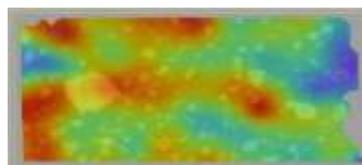
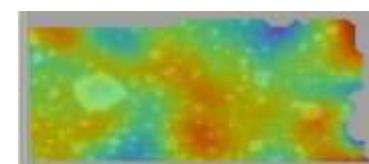
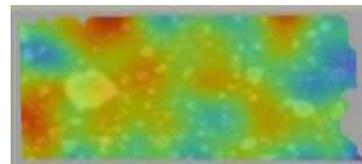
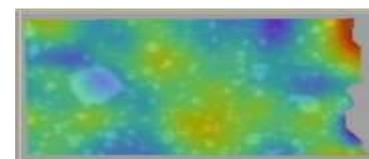
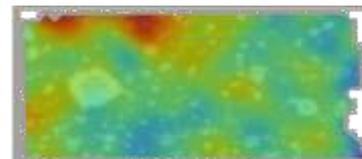
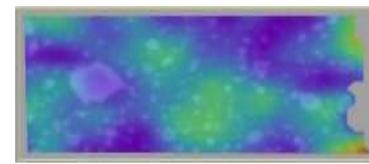
サンプルA 試験後画像
※赤線はチャックのライン

- ・最初にオレンジ部の破断が発生。同時に縦方向への亀裂も観察できる。
- ・次に緑部の破断が発生。断裂が横断することで、完全な破断へと至っている。

【破断1回目】



【破断2回目】

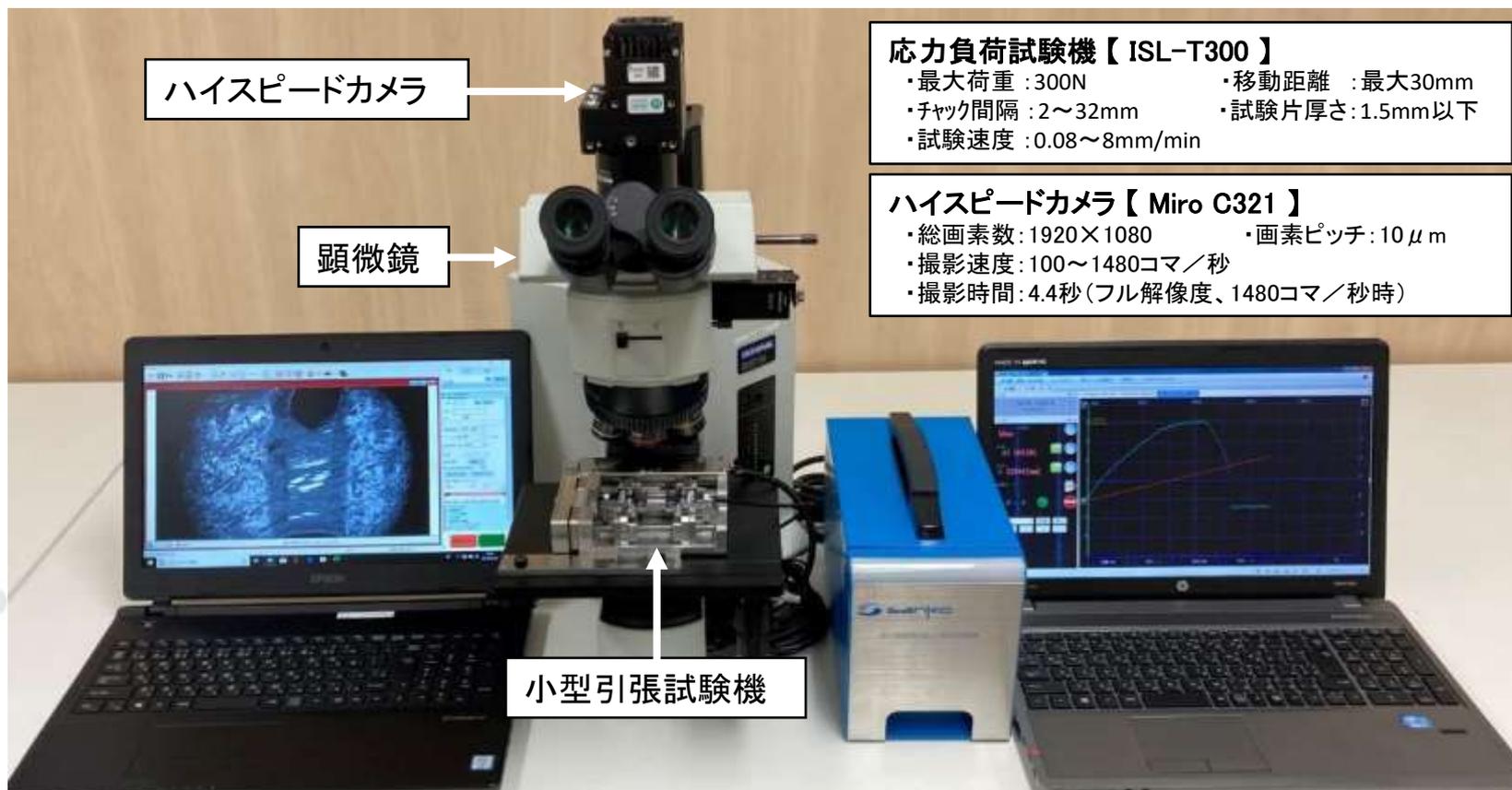


顕微鏡・ハイスピードカメラとの組合せ

{ 目視できない超高速な動きの「観察」と「ひずみ解析」に }

- 超高速な動きを詳細に観察できます
- カメラで撮影された動画から高速ひずみ解析ができます

設置イメージ

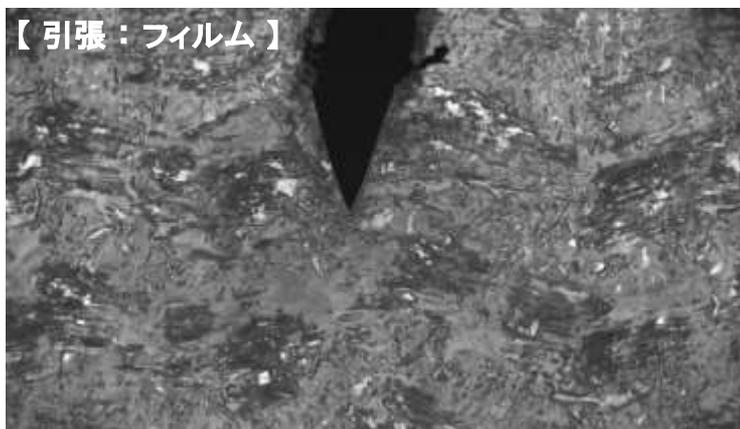
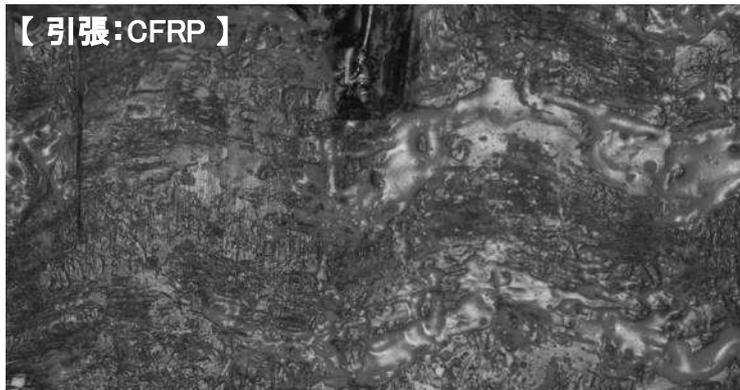


※NOBBYTECH製、ハイスピードカメラと組合わせ

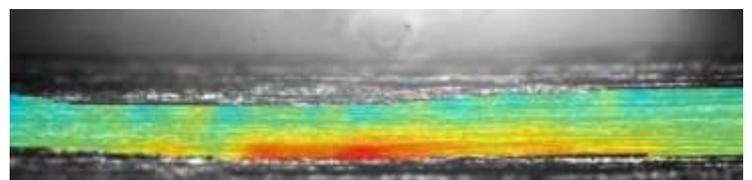
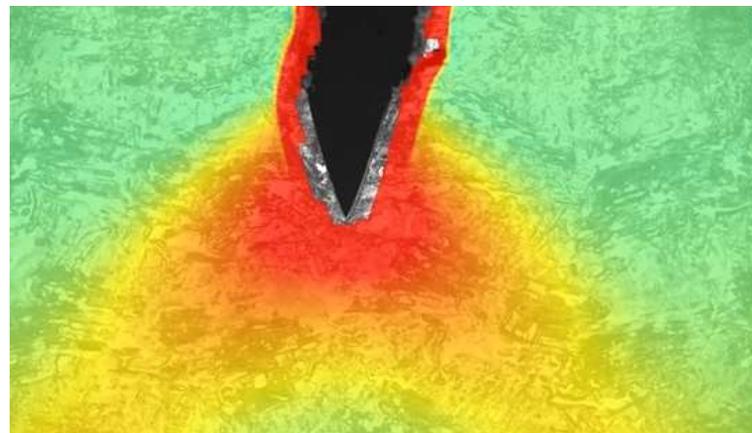
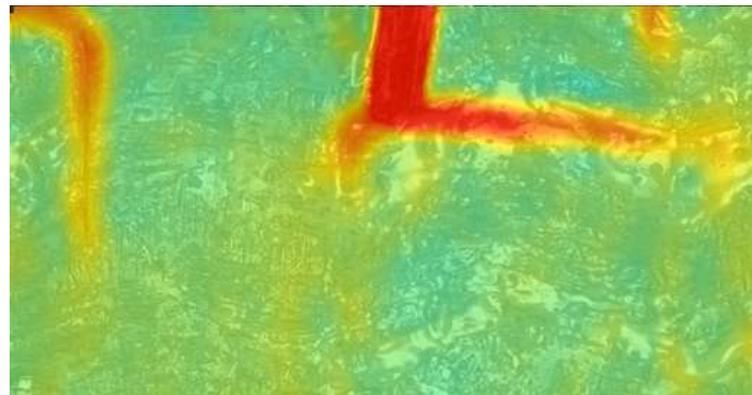
顕微鏡・ハイスピードカメラとの組合せ

{ 目視できない超高速な動きの「観察」と「ひずみ解析」に }

カメラ画像



ひずみ解析画像



※NOBBYTECH製、ハイスピードカメラと組合わせ

AEアナライザとの組合せ

{ 目に見える前の「ごく初期段階の摩耗や亀裂、故障」を捉える }

アコースティック エミッションとは？

個体が変形または破壊する際には、ひずみエネルギーを音波(弾性波)として放出します
この弾性波をAEセンサで検出し信号処理することで、破壊過程の評価が可能になります

【 AEアナライザ 】



【 超小型AEセンサ 】



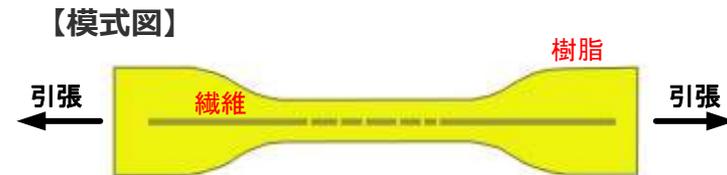
※エヌエフ回路設計ブロック製、AEと組合わせ

繊維／樹脂の界面接着性評価

主な繊維／樹脂の界面強度評価方法

○フラグメンテーション法

→繊維1本を樹脂シート中に埋め込んで硬化させ、その試験片の繊維方向に引張り負荷を加えた時の繊維が徐々に断片化した時の最終的な繊維長を計測して界面せん断強度を求める。



○プルアウト法

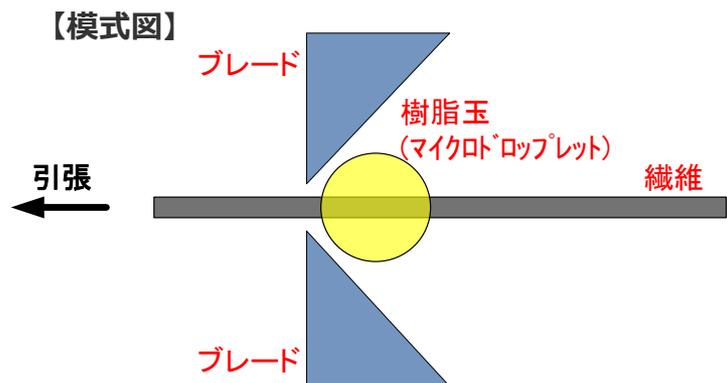
→溶融した極小樹脂塊へ単繊維を刺し込むようにして樹脂固化させ、その後、単繊維を引き抜く手法である。



○マイクロドロップレット法

→単繊維に樹脂玉（ドロップレット）をつけ、ドロップレットを固定したあとに繊維を引き抜く手法である。

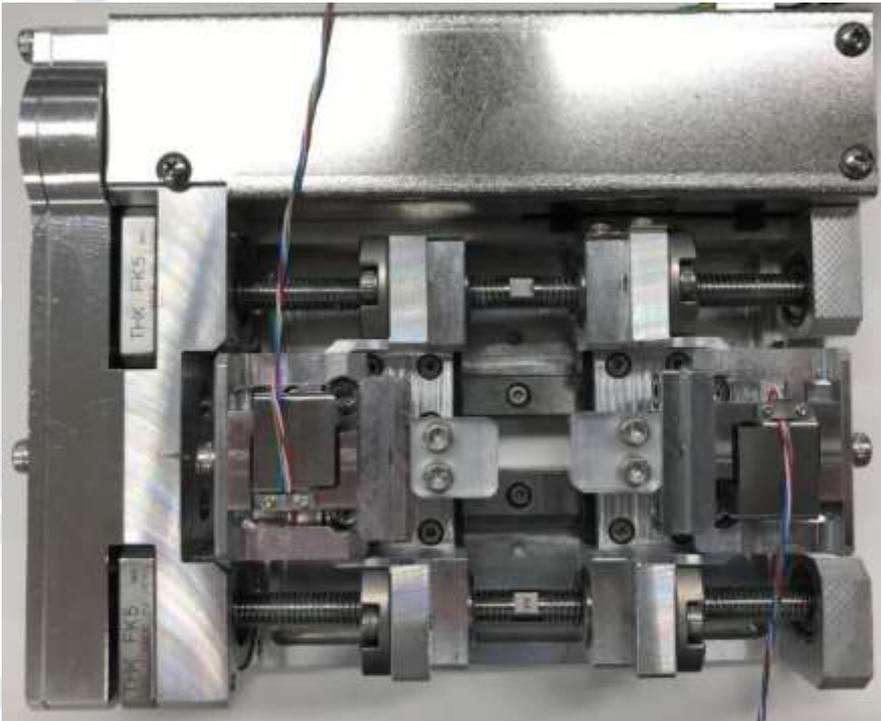
※比較的広く実施されている試験法であり、研究者の手作り実験装置も文献からは多く見受けられます。国内では本手法の専用装置が販売されています。



低荷重測定

- 最大荷重10 [N]の低荷重ロードセルにより
小さな荷重(0.1 [N] 程度)も高精度に測定可能

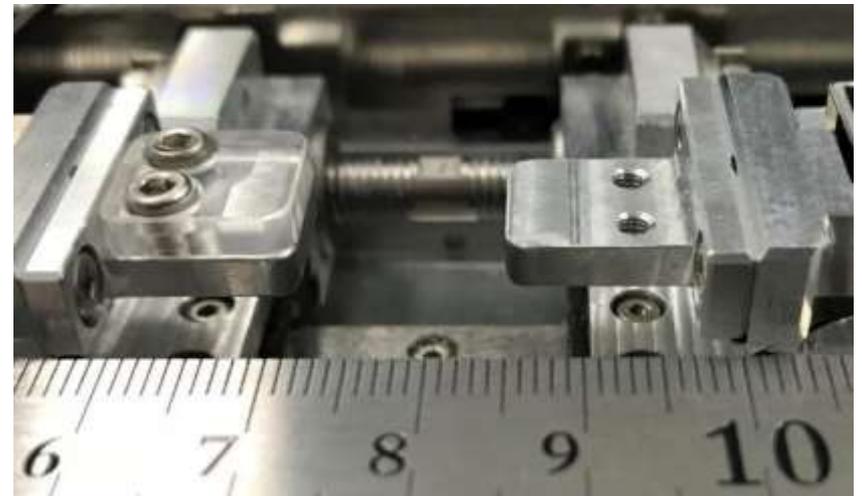
【 低荷重ロードセル設置：全体画像 】



【 ロードセル部：拡大画像 】



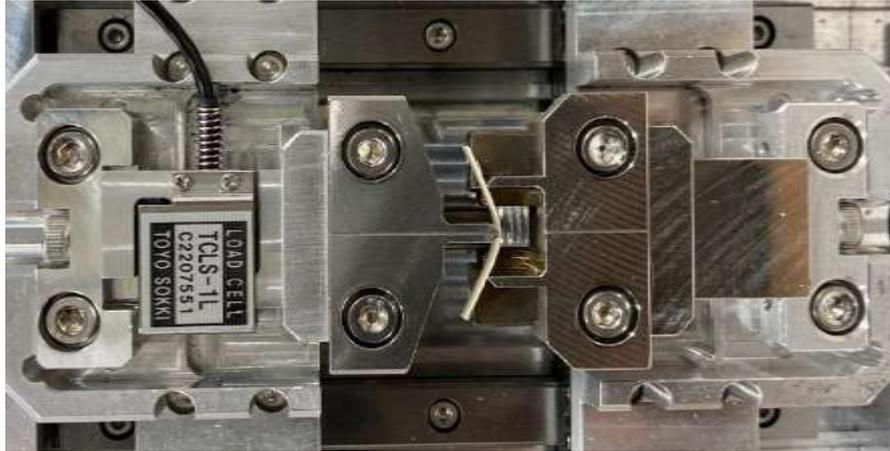
【 ロードセル部：拡大画像（抑えプレート取り外し：右側） 】



曲げ／圧縮治具「3点・4点・その他」

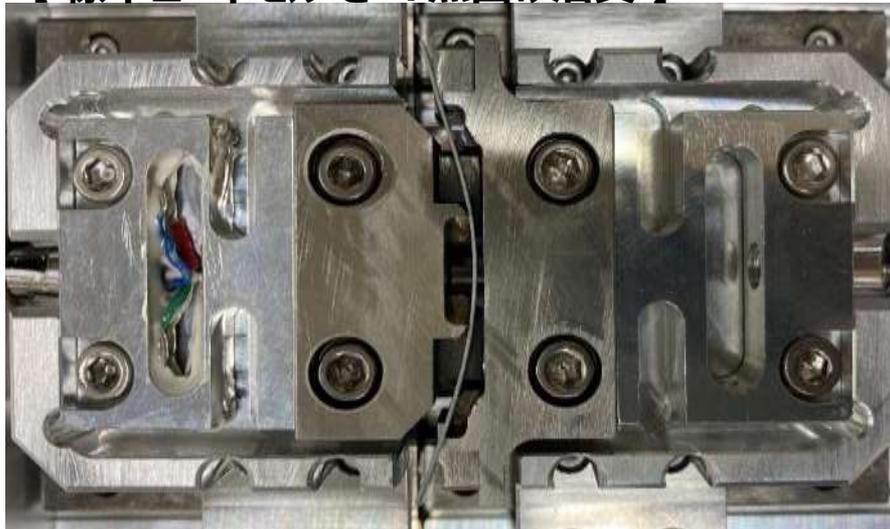
チャック部への取付治具変更で対応可能（カスタマイズ可能）

【 低荷重ロードセルと 3点曲げ治具 】



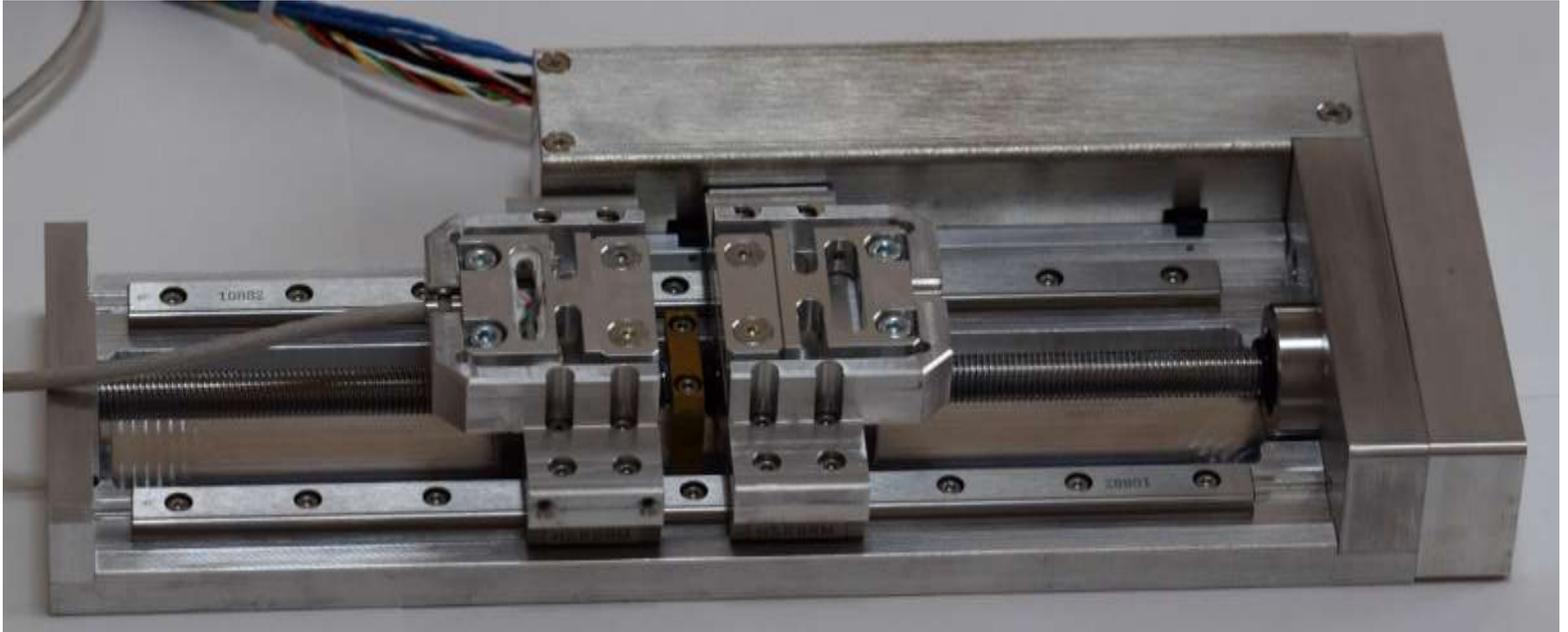
！全固体電池など
電池材料の評価に活用

【 標準ロードセルと 4点曲げ治具 】



特注対応

標準モデルからの各種改造対応も可能



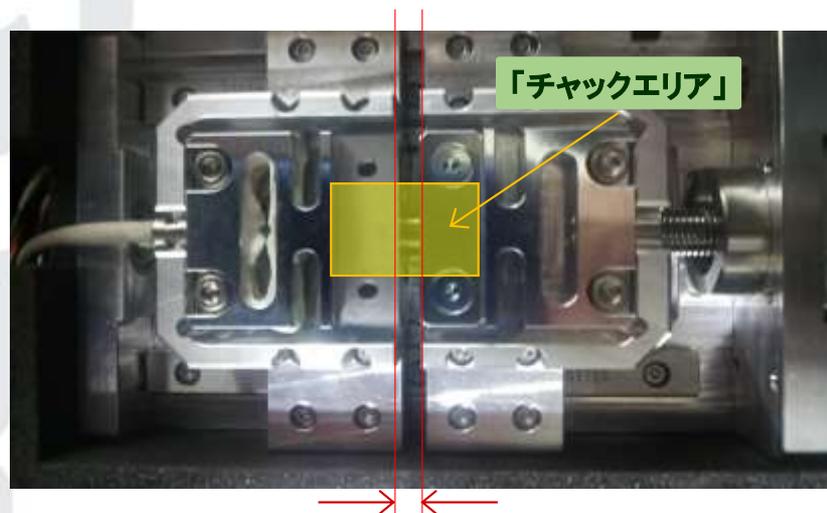
※改造例（ロングストローク対応）：
チャック間隔：最大約125mm {ストローク最大：約120mm}

※チャック部の改造：
対象試験片に合わせて特注改造

※必要荷重に合わせたロードセル対応：
必要荷重に合わせて高・低荷重ロードセルを活用

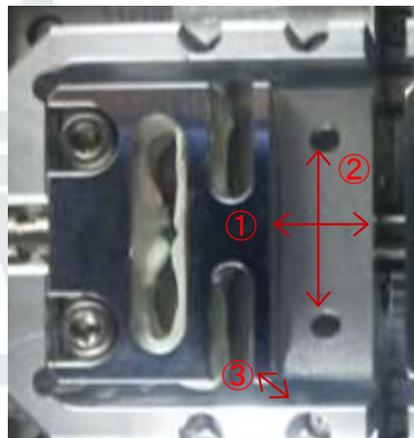
チャック部詳細

◆チャック部の可動範囲



「チャック間隔」: 2~32mm (ストローク:30mm)

◆チャック部の掴み寸法



① 掴み奥行: 9mm
(チャック間隔最小時の
ワーク寸法:20mm)

② 掴み幅 : 12mm

③ 掴み高さ: 1.5mm
(荷重精度を多少妥協
すれば3mmまで可)

- チャック間隔
 - ・ 最小 : 2 mm ~ 最大 : 32 mm
- ストローク
 - ・ 最大 : 30 mm
- チャックの掴み寸法
 - ・ 奥行 : 片側9mm (両側で18mm)
 - ・ 幅 : 12mm
 - ・ 高さ : 1.5mm
- ロードセルへの偏加重による誤差を防ぐため、ワークは荷重の中心が「チャックエリア」の中央部にくるようにセットされる事を推奨しております。
- 偏加重の影響を受けにくいワーク高さは1.5mm以内ですが3mm程度までならば、チャック固定ネジの長さを変更する事で対応可能です。
- チャック面はサンドブラスト(#60)によるすべり止め加工を施しております。